

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)



На правах рукописи

Кузнецов Тарас Иванович

Разработка методики комплексного мониторинга земель,
занятых магистральными трубопроводами,
с использованием современных измерительных технологий

1.6.15. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук
Долгополов Даниил Валентинович

Новосибирск – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПУБЛИКАЦИЙ О СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ И ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ЗАНЯТЫХ КОМПЛЕКСОМ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ	13
1.1 Требования нормативных документов к мониторингу земель и земельных участков, занятых комплексом инженерных сооружений	13
1.2 Существующие технологии мониторинга земель и земельных участков, занятых комплексом инженерных сооружений.....	24
1.3 Требования к методике комплексного мониторинга земель, занятых магистральными трубопроводами, с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС).....	34
2 МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ, ЗАНЯТЫХ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	44
2.1 Получение средствами ВЛС сведений о пространственном положении объектов МТ (УЗА, УОВ, КПП СОД), поверхности Земли	49
2.1.1 Подготовительный этап.....	50
2.1.2 Полевой этап.....	52
2.1.3 Подготовка и передача материалов ВЛС для контрольного просмотра в специализированные организации	57
2.1.4 Камеральный этап	58
2.2 Получение сведений о траектории ВИП, параметрах трубных секций.....	60
2.3 Получение наземными геодезическими ГНСС измерениями сведений о пространственном положении элементов и/или объектов ЛЧ МТ	61
2.4 Определение посекционного пространственного положения ЛЧ МТ	64
2.4.1 Загрузка траекторий пропусков ВИП	64

2.4.2 Загрузка первичного перечня точек коррекции (УЗА, УОВ и прочие элементы трубопровода) из ведомостей координат и высот объектов МТ, продольного профиля поверхности Земли.....	66
2.4.3 Верификация точек коррекции.....	68
2.4.4 Формирование результирующей оси ЛЧ МТ.....	69
2.4.5 Оценка и контроль достигнутой точности пространственного положения оси ЛЧ МТ по данным контрольных точек.....	70
2.4.6 Определение и верификация дополнительных точек коррекции для уточнения местоположения оси ЛЧ МТ.....	74
2.4.7 Уточнение результирующей оси ЛЧ МТ по дополнительным точкам коррекции.....	74
2.4.8 Формирование посекционной ЛЧ МТ.	77
2.5 Формирование границ зон с особыми условиями использования территорий.....	77
2.6 Получение сведений о границах земельных участков из ЕГРН.....	78
2.7 Установление границ и площади зоны влияния ЛЧ МТ на земли и земельные участки.....	79
2.8 Оценка технического состояния ЛЧ МТ.....	79
2.9 Прогнозирование технического состояния ЛЧ МТ, разработка компенсирующих мероприятий.....	81
2.10 Оценка использования и состояния земель.....	81
2.11 Прогнозирование состояния земель, разработка компенсирующих мероприятий.....	83
2.12 Публикация результатов в информационных системах.....	84
3 АЛГОРИТМ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	86
3.1 Подготовка данных ВЛС.....	90

3.2 Подготовка данных по результатам наземных ГНСС измерений элементов и/или объектов ЛЧ МТ	92
3.3 Подготовка данных внутритрубной диагностики	94
3.4 Обработка точек лазерного отражения с выводом ведомости координат и высот объектов МТ	96
3.5 Обработка цифровой модели рельефа с выводом продольного профиля поверхности Земли	98
3.6 Создание первичного перечня точек коррекции	100
3.7 Обработка точек коррекции, траекторий ВИП и расчета оси ЛЧ МТ	102
3.8 Оценка расчетной результирующей оси ЛЧ МТ	113
3.9 Корректировка результирующей оси ЛЧ МТ	115
3.10 Анализ и вывод результатов	117
4 АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ И ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ЗАНЯТЫХ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ.	119
4.1 Определение местоположения оси ЛЧ МТ по разработанной методике ...	120
4.2 Контрольные геодезические измерения фактического положения трубных секций МТ	127
4.3 Оценка точности алгоритма комплексной обработки данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС)	129
4.4 Оценка эффективности методики комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ	131
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	134
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	136
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	138
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) СХЕМА ПРОЦЕССА КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ, ЗАНЯТЫХ	

МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ.....	157
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) ИТОГОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМА КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ВЛС, ВИП, ГНСС), ПО РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКЕ	158
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) КОПИИ ДОКУМЕНТОВ ПАТЕНТНОГО ПРАВА	161
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) ГОСТЫ, РАЗРАБОТАННЫЕ АВТОРОМ	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное) АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	170

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования.

Земли, занятые магистральными трубопроводами (МТ), представляют собой сложную природно-хозяйственную территориальную систему. Обеспечение рационального землепользования таких систем достигается безопасной эксплуатацией входящих в их состав производственных объектов МТ, которая невозможна без определения пространственного положения и геометрии МТ и его элементов – трубных секций. Данные о положении МТ являются основой для установления границ его охранных зон, зон минимальных расстояний.

Кроме того, наличие сведений о геометрии МТ необходимо для оценки напряженно-деформированного состояния трубопровода и своевременного предупреждения аварийных ситуаций, планирования и проведения ремонтных работ, рационального использования земель. Получение указанных данных осуществляется в отдельности средствами воздушного лазерного сканирования (ВЛС), внутритрубной диагностики, а также инструментальными измерениями с использованием трассопоисковых приборов. В настоящее время данные мониторинга получают в разных системах координат, отдельными не связанными между собой массивами без возможности комплексного анализа.

Используемые при диагностике внутритрубные инспекционные приборы, оборудованные навигационной системой (ВИП), позволяют получить информацию о геометрии каждой трубной секции и наличии дефектов на ней, своевременное выявление которых необходимо для обеспечения экологической безопасности территорий. Однако они не позволяют локализовать положение этой секции на местности с необходимой точностью, ошибки определений достигают сотен метров, что не позволяет «связать» дефектные секции с протекающими процессами и геологическими условиями, участками земель. Сложившаяся практика определения пространственного положения МТ инструментальными измерениями с использованием трассопоисковых приборов не дает возможность достоверно

установить пространственное положение его трубных секций, что существенно затрудняет работы по установлению границ земельных участков и зон с особыми условиями использования территорий.

Таким образом, в настоящее время существует необходимость разработки методики комплексного мониторинга земель, которая обеспечит получение информации о пространственном положении, глубине заложения линейной части (ЛЧ) МТ, границ земель и земельных участков, занятых его инфраструктурой, необходимой для качественной оценки состояния и использования земель, обеспечения их рационального использования при безопасной эксплуатации трубопроводов. Такая методика может быть построена с использованием комплекса средств ВЛС, ВИП, а также с применением дифференциальной подсистемы глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС).

Исходя из вышеизложенного, тема диссертационного исследования является актуальной и способствует расширению знаний в области комплексной диагностики состояния природно-хозяйственных территориальных систем.

Степень разработанности темы исследования. В настоящее время имеется значительное количество научно-технических работ, посвященных анализу технологий по получению и обработке пространственных данных для решения задач кадастровой, землеустроительной и градостроительной деятельности. Это научные труды следующих известных ученых:

– Карпика А. П., Лисицкого Д. В., Мелкого В. А., Сизова А. П., Трубиной Л. К., Хлебниковой Т. А., Oosterom P., Ploeger H., Stoter J., Zlatanova S. в области кадастра, мониторинга земель и геоинформационного моделирования объектов природно-технических систем;

– Брыня М. Я., Комиссарова А. В., Мустафина М. Г., Уставича Г. А., Хорошилова В. С., Шоломицкого А. А., Gruendig L., Milev I. в области высокоточных методов определения геометрических параметров инженерных сооружений.

Научное исследование опирается также на труды российских ученых в области прочности, безопасной эксплуатации и мониторинга объектов трубопроводного транспорта Лисина Ю. В., Махутова Н. А., Неганова Д. А. и зарубежных – Morgenstern N., Nixon J. F., Williams P. J.

Вместе с тем, вопросам мониторинга земель, занятых МТ, комплексного получения и обработки данных ВЛС и внутритрубного диагностирования с целью определения пространственного положения МТ и его элементов уделено недостаточное внимание.

Цель исследования. Разработка методики комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами с использованием современных измерительных технологий.

Задачи исследования:

1) выполнить информационно-аналитический анализ требований нормативных документов, научно-технических публикаций о существующих технологиях мониторинга земель и земельных участков, занятых комплексом инженерных сооружений;

2) разработать методику комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами, с использованием современных измерительных технологий (воздушное лазерное сканирование, диагностика внутритрубными инспекционными приборами, дифференциальные подсистемы глобальных навигационных спутниковых систем);

3) разработать алгоритм комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий, для определения местоположения наземных и подземных объектов магистральных трубопроводов и их инфраструктуры для установления на местности границ зон с особыми условиями использования территорий;

4) выполнить апробацию разработанной методики комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами, проложенными на территории Российской Федерации.

Объектом исследований являются методы проведения исследований и комплексной диагностики пространственного состояния природно-хозяйственных территориальных систем.

Предмет исследования – система технологических операций, выполняемых при комплексном мониторинге земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами, с использованием современных измерительных технологий.

Научная новизна исследований, проведенных в рамках настоящей диссертационной работы, заключается в следующем:

1 Разработана методика комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами, объединяющая возможности применения современных измерительных технологий (воздушное лазерное сканирование, диагностика внутритрубными инспекционными приборами, дифференциальные подсистемы глобальных навигационных спутниковых систем).

2 Разработан алгоритм комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий, для определения с нормативной точностью в единой установленной системе координат местоположения наземных и подземных объектов магистральных трубопроводов и их инфраструктуры при комплексном мониторинге земель и земельных участков.

Теоретическая значимость работы заключается в разработанной методике комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами, позволяющей научно обоснованно устанавливать местоположение объектов и инфраструктуры магистральных трубопроводов, а также границ зон с особыми условиями использования территорий на основании предложенного алгоритма комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий.

Практическая значимость обусловлена возможностью применения разработанной методики, в том числе реализованного в программном модуле алгоритма

комплексной обработки пространственных данных, для своевременного планирования и реализации мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию магистральных трубопроводов в составе сложной природно-хозяйственной территориальной системы. На основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований подготовлен и используется в настоящее время ГОСТ Р 71416-2024 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Определение границ и площади отвода земель для объектов магистрального трубопровода.

Методология и методы исследования. При проведении теоретических исследований применялись методы статистической обработки данных, математические методы, такие как матричные преобразования координат, решение систем линейных уравнений, а также методы обработки ГНСС-измерений. При проведении натурных исследований применялись измерение параметров, математическая обработка, сравнение с расчетными данными.

Положения, выносимые на защиту:

1 Разработанная методика комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами, позволяет научно обоснованно устанавливать границы зон с особыми условиями использования территорий, выполнять оценку состояния и использования земель, планировать их рациональное использование при безопасной эксплуатации трубопроводов в составе сложной природно-хозяйственной территориальной системы (ст. 3 паспорта научной специальности).

2 Разработанный алгоритм комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (воздушное лазерное сканирование, диагностика внутритрубными инспекционными приборами, дифференциальные подсистемы глобальных навигационных спутниковых систем), обеспечивает повышение точности определения местоположения наземных и подземных объектов магистральных трубопроводов и их инфраструктуры в единой установленной законодательством системе координат (ст. 29 паспорта научной специальности).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует областям исследований: 3 – Методы проведения исследований и комплексной диагностики состояния природных, природно-хозяйственных и социально-экономических территориальных систем; 29 – Разработка методов, технологий и методик выполнения съемочных работ и инженерно-геодезических изысканий, по разработке технически обоснованных норм обработки данных дистанционного зондирования Земли в землеустройстве, кадастре и мониторинге земель паспорта научной специальности 1.6.15. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки России.

Апробация результатов исследований. Основные результаты исследований докладывались автором и обсуждались на XII Международной учебно-научно-практической конференции «Трубопроводный транспорт – 2017» (24–25 мая 2017 г., г. Уфа); 13 Pipeline Technology Conference (12–14 марта, 2018 г., г. Берлин, Германия); 5th European Conference On Permafrost (23 июня – 1 июля 2018 г., Шамони, Франция); Международной конференции «Криосферные ребусы» (15–18 апреля 2019 г., г. Пущино); Международной конференции «Современные исследования трансформации криосферы и вопросы геотехнической безопасности сооружений в Арктике» (8–12 ноября 2021 г., г. Салехард); XV Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России» (26 апреля 2022 г., Москва); Шестой конференции геокриологов России «Мониторинг в криолитозоне» с участием российских и зарубежных ученых, инженеров и специалистов (14–17 июня 2022 г., Москва); 16-й Международной конференции и выставке по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (26–29 сентября 2023 г., г. Санкт-Петербург); Международном научном конгрессе «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (2025 г., г. Новосибирск); Международной конференции «Проблемы криосферы Земли» (12–16 мая 2025 г., г. Пущино); IX Национальной научно-практической конференции «Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения» (24–28 ноября 2025 г., г. Новосибирск).

Результаты исследования внедрены в производственный процесс ООО «НИИ Транснефть», а также использованы при разработке государственных стандартов:

1) ГОСТ Р 71416-2024 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Определение границ и площади отвода земель для объектов магистрального трубопровода;

2) ГОСТ 34968 2023 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Инженерные изыскания.

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в 19 научных публикациях, из них 7 – в изданиях, входящих в перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, 4 – свидетельства о регистрации программы для ЭВМ; 1 – патент на полезную модель.

Структура диссертации. Общий объем диссертации составляет 171 страницу машинописного текста. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы, включающего 116 наименования, содержит 7 таблиц, 48 рисунков, 5 приложений.

1 АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПУБЛИКАЦИЙ О СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ И ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ЗАНЯТЫХ КОМПЛЕКСОМ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

1.1 Требования нормативных документов к мониторингу земель и земельных участков, занятых комплексом инженерных сооружений

В земельном кодексе РФ установлен государственный статус мониторинга земель, который является частью государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды). Мониторинг земель представляет собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования, направленных на получение достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородия почв. Объектами государственного мониторинга земель являются все земли на территории Российской Федерации.

К задачам государственного мониторинга земель относятся:

- своевременное выявление изменений состояния земель, оценка и прогнозирование этих изменений, выработка предложений о предотвращении и/или устранении негативного воздействия на земли;
- обеспечение органов государственной власти информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель в целях реализации полномочий данных органов в области земельных отношений, включая реализацию полномочий по государственному земельному надзору;
- обеспечение органов местного самоуправления информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель в целях реализации полномочий данных органов в области земельных отношений, в том числе по муниципальному земельному контролю;
- обеспечение юридических лиц, индивидуальных предпринимателей, граждан информацией о состоянии окружающей среды в части состояния земель.

Мониторинг земель подразделяется на мониторинг использования земель и мониторинг состояния земель.

При мониторинге использования земель осуществляется наблюдение за использованием земель и земельных участков в соответствии с их целевым назначением, а при мониторинге состояния земель – наблюдение за изменением количественных и качественных характеристик земель, выявляются изменения качественных характеристик состояния земель под воздействием следующих негативных процессов: техногенного и природного характера.

Установлены показатели мониторинга, позволяющие оценивать:

а) использование земель:

– общая площадь земель (земельных участков) соответствующей категории, установленной статьей 7 Земельного кодекса Российской Федерации;

– общая площадь земельных участков, имеющих соответствующий вид разрешенного использования (в случае, если государственный мониторинг земель проводится в отношении земельных участков, имеющих определенный вид разрешенного использования);

– площадь земель или земельных участков, в отношении которых выявлено использование их не по целевому назначению в соответствии с его принадлежностью к той или иной категории и (или) разрешенным использованием, невыполнение или несвоевременное выполнение обязанностей по приведению земель в состояние, пригодное для использования по целевому назначению;

– площадь земельных участков, в отношении которых выявлено неиспользование земель и земельных участков, предназначенных для жилищного или иного строительства (включая предоставленные для индивидуального жилищного строительства и строительства многоквартирного дома), в указанных целях в случае, если обязанность по использованию такого земельного участка в течение установленного срока предусмотрена федеральными законами;

– площадь земель или земельных участков, в отношении которых выявлены иные нарушения земельного законодательства;

- площадь распределения земель по формам собственности (в разрезе категорий земель и видов разрешенного использования), исходя из данных Единого государственного реестра недвижимости;

б) состояние земель:

- площадь земель, подверженных эрозии (слабая, средняя, сильная степень развития);

- площадь земель, подверженных опустыниванию (слабая, средняя, сильная степень развития);

- площадь подтопленных земель (слабая, средняя, сильная степень развития);

- площадь затопленных земель (слабая, средняя, сильная степень развития);

- площадь заболоченных земель (слабая, средняя, сильная степень развития);

- площадь переувлажненных земель (слабая, средняя, сильная степень развития);

- площадь нарушенных земель;

- площадь земель, подверженных иным негативным процессам.

В рамках мониторинга состояния земель сельскохозяйственного назначения осуществляется мониторинг плодородия почв земель и учет показателей состояния плодородия почв в соответствии с Порядком государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения, утвержденным приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 04.05.2010 № 150, а также выявляются количественные характеристики изменения площадей земель и земельных участков, видов сельскохозяйственных угодий.

Для уточнения указанных показателей также используют данные:

- геологической среды (уровень залегания грунтовых вод, наличие экзогенных геологических и техногенных процессов и т. д.);

- почвенные характеристики (мощность плодородного слоя, содержание гумуса, элементов питания в поверхностном слое и т. д.);

- градостроительные характеристики (площадь застройки, доли озеленений, водных поверхностей, искусственных покрытий, сведений о сооружениях и т. д.);

– экологические и санитарно-гигиенические характеристики (содержание химических веществ в почве, гамма-излучение поверхности почвы, загрязнения нефтепродуктами, тяжелыми металлами и т. д.).

Для сельскохозяйственных земель порядок осуществления государственного мониторинга земель установлен Приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 24.12.2015 № 664, для прочих земель – Приказом Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 22.07.2021 № П/0315.

Для получения параметров мониторинга и их актуализации выполняются наблюдения и обследования, классифицированные как:

а) базовые для получения данных об использовании и состоянии земель на момент начала осуществления мониторинга земель;

б) периодические для получения данных об использовании и состоянии земель и их динамики (не реже одного раза в 5 лет для сельскохозяйственных земель и не более одного раза в 3 года для прочих земель в зависимости от интенсивности использования территории и развития негативных процессов);

в) оперативные для получения данных об использовании и состоянии земель на текущий момент (ежегодно, для сельскохозяйственных земель в период вегетации сельскохозяйственных культур).

Для обеспечения мероприятий мониторинга используются технологии с применением методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и технологии с применением наземных методов.

Результатом отображения данных мониторинга являются картографические материалы и документы.

Для решения задач, связанных с кадастром, землеустройством и мониторингом земель в соответствии с частью 13 статьи 22 и частью 13 статьи 24 Федерального закона от 13.07.2015 №218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2015, № 29, ст. 4344;

2016, № 27, ст. 4248), пунктом 1 Положения о Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 01.06.2009 № 457 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2009, №25, ст. 3052; 2020, №7, ст. 855), согласно Приказу Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23.10.2020 № П/0393 значения точности определяются средней квадратической погрешностью определения координат характерных точек объекта в зависимости от категорий земель [45] и составляют:

- на землях с/х -индивид. – 0,2 м;
- землях с/х прочие – 2,5 м;
- землях промышленности – 0,5 м;
- землях лесного фонда, запаса, водного – 5 м;
- прочих землях – 2,5 м.

Информация о результатах мониторинга:

а) сельскохозяйственных земель подлежит включению в государственный реестр земель сельскохозяйственного назначения, являющийся подсистемой Единой федеральной информационной системы о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий;

б) прочих земель размещается на официальном сайте Росреестра в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Вместе с тем, необходимо отметить, что в существующих нормативных документах отсутствуют требования, методики мониторинга земель, занятых комплексом инженерных сооружений, в том числе магистральными трубопроводами [30].

Магистральные трубопроводы представляют собой комплекс инженерных сооружений и влияют на использование земель, оказывают техногенную нагрузку на территории. Поэтому при эксплуатации магистральных трубопроводов особое вни-

мание уделяется обследованиям, направленным на определение и контроль их пространственного положения, уровня заглубления, динамики развития природных и техногенных процессов на территориях прокладки. Кроме того, указанные параметры позволяют более качественно оценивать рациональность использования земель, устанавливать границы зон влияния и воздействий на территории, обеспечивать их экологическую безопасность, в том числе исключением повреждений трубопровода на пахотных землях.

Отдельно следует отметить необходимость информации о геометрии и пространственном положении трубопровода при оценке его напряженно-деформированного состояния для участков ЛЧ МТ, расположенных в районах просадочных грунтов, в том числе многолетних мерзлых грунтов, а также в районах горных выработок.

Российский и зарубежный опыт экспериментальных исследований по изучению закономерностей взаимодействия магистральных трубопроводов с природной средой говорит о том, что в криолитозоне техническое состояние магистральных трубопроводов определяется, в первую очередь, их тепловым и механическим взаимодействием с многолетними мерзлыми грунтами [93, 109, 92, 6].

Криогенные процессы носят приповерхностный характер, поэтому для изучения взаимодействия эффективно применение методов цифровой аэро съемки (ЦАФС) и воздушного лазерного сканирования (ВЛС) [6, 4, 80, 82].

Проведенные нами многолетние исследования показывают, что по материалам повторных аэронаблюдений может быть исследована динамика протекающих опасных процессов, для чего, в частности, может быть использована цифровая модель рельефа, построенная на каждом цикле мониторинга по данным ВЛС [19, 36, 37, 38, 68, 100, 94, 101].

Поэтому для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации на объектах трубопроводного транспорта организуется мониторинг, включающий:

– систему наблюдений и обследований наземными методами и методами ДЗЗ (ВЛС, ЦАФС, ГНСС);

– внутритрубную диагностику с применением внутритрубных инспекционных приборов.

Наблюдения и обследования также классифицируются:

а) как базовые для получения данных о состоянии объекта на момент начала его эксплуатации;

б) периодические для получения данных о текущем состоянии и моделирования прогнозных состояний;

в) оперативные для получения данных о состоянии объектов на текущий момент.

Периодичность проведения мероприятий мониторинга магистральных трубопроводов определяется особенностями условий их эксплуатации, требованиями нормативной документации (Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2020 № 517 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов"», Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 02.08.2018 № 330 «Об утверждении Руководства по безопасности "Техническое диагностирование трубопроводов линейной части и технологических трубопроводов магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов"», СП 11-104-97, СП 47.13330.2016, СП 36.13330.2012 СП 36.13330.2012, СП 126.13330.2017, СП 22.13330.2016, СП 25.13330.2020):

– авиапатрулирование трасс трубопроводов (не менее 2 раз/неделю);

– контроль пространственного положения трубопровода и глубины заложения (ежегодно для пахотных земель, не менее 1 раз/5 лет для прочих);

– внутритрубная диагностика трубопровода (не менее 1 раза/6 лет);

– наблюдения за движениями земной поверхности и опасными природными процессами (в соответствии с программами наблюдений);

– геотехнический мониторинг (в соответствии с программами мониторинга, но не менее 2 раз в год для участков на многолетних мерзлых грунтах и не менее

1 раза в год для прочих эксплуатируемых в сложных природно-климатических условиях).

Точность также регламентируется нормативными документами в зависимости от установленных пороговых значений контролируемых параметров.

Анализ нормативных документов позволяет сформировать следующие требования к методикам комплексного мониторинга земель, занятых магистральными трубопроводами:

- а) получение регулярных результатов обследований:
 - базовых для получения данных о состоянии объекта на момент начала его эксплуатации (однократно);
 - периодических для получения данных о текущем состоянии и моделирования прогнозных состояний (не более 1 раза/3 года);
 - оперативных для получения данных о состоянии объектов на текущий момент (ежегодно для сельскохозяйственных земель в период вегетации культур);

б) средняя квадратическая погрешность определения координат характерных объектов мониторинга определяется в зависимости от категорий земель и составляет:

- на землях с/х -индивид. – 0,2 м;
- землях с/х прочие – 2,5 м;
- землях промышленности – 0,5 м;
- землях лесного фонда, запаса, водного – 5 м;
- прочих землях – 2,5 м;

в) определяемые и контролируемые параметры мониторинга: границы и площади земель и земельных участков, на которые влияет объект и его инфраструктура, экзогенные, опасные геологические процессы, глубина заложения и пространственное положение ЛЧ МТ и каждого ее элемента, места возможных выходов нефти и нефтепродуктов, потенциально возможных нарушений целостности конструкций сооружений, состояние земель в границах зон с особыми условиями

использования территорий (в том числе охранных зон и зон минимальных расстояний), геометрические параметры ЛЧ МТ, местоположение дефектов;

г) комплексное использование результатов обследований: аэрокосмической съемки, ВЛС, ВТД, наземных методов.

Результаты анализа требований нормативных документов в части мониторинга земель и магистральных трубопроводов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты анализа требований нормативных документов в части мониторинга земель и магистральных трубопроводов

№, п/п	Объект мониторинга/обследования	Вид мониторинга/обследования	Нормативная база	Параметры мониторинга/обследования	Требования к периодичности	Требования к точности	Применяемые технологии/методы
1	Земли/ земельные участки	Мониторинг использования земель	Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ ст. 67 Приказ Росреестра от 22.07.2021 № П/0315 (кроме сельскохозяйственных земель) Для сельскохозяйственных земель: Приказ Минсельхоза РФ от 24.12.2015 № 664	Площадь земель: – по категории и виду разрешенного использования; – использованию не по целевому назначению; – невыполнению или несвоевременному приведению в состояние, пригодное для использования; – неиспользованию; – нарушению земельного законодательства; – формам собственности	Базовые – однократно. Периодические – не чаще 1 раза/3 года. Оперативные – ежегодно (в период вегетации культур для сельскохозяйственных земель)	Приказ Росреестра от 23.10.2020 № П/0393 приложение: СКП определения координат точек для земель: – с/х -индивид. – 0,2 м; – с/х прочие – 2,5 м; – промышленности – 0,5 м; – лесного фонда, запаса, водного – 5 м; – прочие – 2,5 м. СКП определения высотного положения не нормируется	Дистанционное зондирование Земли: – космическая съемка (видимый и инфракрасный диапазон, интерферометрическая радиолокационная съемка (ИРЛС)); – цифровая аэрофотосъемка. Наземные методы: – геодезический метод; – метод спутниковых геодезических измерений
		Мониторинг состояния земель, включая мониторинг плодородия почв земель и учет показателей состояния плодородия почв для сельскохозяйственных земель	Приказ Минсельхоза РФ от 04.05.2010 № 150	Площадь земель подверженных процессам (слабая, средняя, сильная степень развития): – эрозии; – опустыниванию; – подтопленных; – затопленных; – заболоченных; – переувлажненных; – нарушенных; – подверженных иным негативным процессам. Дополнительно для сельскохозяйственных земель: – количественное изменение площадей земель и земельных участков; – виды сельскохозяйственных угодий; – плодородие почв			
2	Магистральный трубопровод (ЛЧ МТ)	Авиатрулирование трасс трубопроводов	Приказ Ростехнадзора РФ от 11.12.2020 № 517 Приказ Ростехнадзора РФ от 02.08.2018 № 330	Нарушения охранных зон, зон минимальных допустимых расстояний. Выходы нефти и нефтепродуктов; Конструктивные нарушения	Базовые – однократно. Периодические – не реже 2 раз/неделю	Не нормируются	Дистанционное зондирование Земли (аэрофотосъемка)
		Контроль пространственного	СП 11-104-97, СП 47.13330.2016,	Пространственное положение МТ. Глубина заложения МТ			

№, п/п	Объект мониторинга/обследования	Вид мониторинга/обследования	Нормативная база	Параметры мониторинга/обследования	Требования к периодичности	Требования к точности	Применяемые технологии/методы
		положения трубопровода и глубины заложения	СП 36.13330.2012, СП 36.13330.2012, СП 126.13330.2017, СП 22.13330.2016, СП 25.13330.2020 ГОСТ Р 22.1.06-2023		Периодические - ежегодно для пахотных земель, не менее 1 раз/5 лет для прочих. Оперативные (при выявлении отклонений)	ГОСТ 34968-2023 п. 6.1.18, СП 317.1325800.2017 п. 5.3.5.3, СП 47.13330.2016 п. 5.1.18: средние погрешности точек ЛЧ МТ не должны превышать 0,7 мм в масштабе плана. Определение глубины заложения МТ: СП 317.1325800.2017 п. 5.3.5.3: Предельные расхождения не должны превышать 15 % глубины	Наземные методы: – геодезический метод; – метод спутниковых геодезических измерений; – определение глубины трассопоисковым оборудованием, шурфование
		Внутритрубная диагностика трубопровода		Дефекты трубных секций (вмятина, гофр, сужение, косой стык. Геометрические параметры трубных секций (радиусы изгибов)	Базовые – однократно. Периодические – не менее 1 раза/6 лет	Дистанция: +/-0,5%; Перемещение МТ: +/-0,1 м; Угол поворота: +/-1°	Пропуск внутритрубного инспекционного прибора
		Наблюдения за движениями земной поверхности и опасными природными процессами		Экзогенные и эндогенные геологические процессы	Базовые – однократно. Периодические – не менее 2 раз/год. Оперативные (при выявлении отклонений)	СКП 20 мм (в плане) и 10 мм (по высоте)	Наземные методы: – геодезический метод; – метод спутниковых геодезических измерений
		Геотехнический мониторинг		Пространственное положение объектов МТ	Базовые – однократно. Периодические – не менее 2 раз/год для участков на многолетних мерзлых грунтах и не менее 1 раз/год для прочих, эксплуатируемых в сложных природно-климатических условиях. Оперативные (при выявлении отклонений)	ГОСТ 24846-2019, п. 4.2: Допускаемая погрешность измерения перемещений: Вертикальных: I класс – 1 мм, II класс – 2 мм, III класс – 5 мм, IV класс – 10 мм. Горизонтальных: I класс – 2 мм, II класс – 5 мм, III класс – 10 мм, IV класс – 15 мм	Дистанционное зондирование Земли: – космическая съемка (ИРЛС); – ВЛС. Наземные методы: – геодезический метод; – метод спутниковых геодезических измерений; – определения трассопоисковым оборудованием, шурфование

1.2 Существующие технологии мониторинга земель и земельных участков, занятых комплексом инженерных сооружений

Объектами наблюдений существующих технологии мониторинга земель и земельных участков, занятых комплексом инженерных сооружений (магистральными трубопроводами), являются непосредственно земли и земельные участки, инженерные сооружения, представленные объектами и инфраструктурой инженерного сооружения, в том числе магистрального трубопровода. Технологии мониторинга классифицируются как технологии с применением методов ДЗЗ, так и как технологии с применением наземных методов.

Применение методов ДЗЗ позволяет получить значительные объемы информации, необходимой для оценки состояния земель, установления границ зон с особыми условиями использования территории, с меньшей трудоемкостью по сравнению с наземными методами, что особенно актуально для протяженных трасс магистральных трубопроводов, расположенных в труднодоступных районах [56, 58, 69, 84, 83].

Дистанционное зондирование также обеспечивает меньшую дискретность в данных, чем при наземных обследованиях.

Для целей мониторинга земель требования к ДЗЗ отличны от требований для градостроительной деятельности и обусловлены необходимостью выявления экзогенных и эндогенных процессов, классификации растительности на сельскохозяйственных землях.

Методы ДЗЗ подразделяются на космические и авиационные (с применением пилотируемых и беспилотных аппаратов):

- космическая съемка, включая интерферометрическую радиолокационную съемку (ИРЛС);
- цифровая аэрофотосъемка.

При дистанционном зондировании выделяется три основных вида работ:

- получение материалов съемки;

- камеральная обработка;
- создание карт и иных (не картографических) материалов.

Аэрокосмические съемочные средства условно классифицируются:

- по диапазону спектра электромагнитного излучения (оптический и радиодиапазон);
- по способу приема электромагнитного излучения (фотографические, оптико-электронные, радиофизические);
- по способу доставки результатов съемки потребителю (оперативные и неоперативные).

Результаты ДДЗ должны обеспечивать следующие уровни представления:

- общий (схематический) М 1:100 000 – 1:200 000;
- структурный (административный) М 1:10 000 – 1:50 000;
- детальный (объектный) М 1:500 – 1:5 000.

Началу применения методов ДЗЗ для определения пространственного положения МТ послужила необходимость обеспечения его безопасной эксплуатации на труднодоступных территориях с просадочными грунтами, в том числе в зонах распространения многолетних мерзлых грунтов. При этом методы ДЗЗ являются целесообразными в следующих случаях:

- контроля пространственного положения МТ;
- установления и контроля границ зон с особыми условиями использования территорий (в том числе охранных зон, зон минимальных расстояний);
- необходимости выполнения полевых работ в ограниченные сроки;
- ограниченного количества полевых бригад при наземных геодезических работах;
- получения информации о рельефе и пространственном положении протяженных объектов;
- получения оперативной информации для оценки динамики протекания экзогенных и эндогенных геологических процессов, перемещений грунта и объектов трубопровода на значительных территориях;
- автоматизированной обработки результатов измерений;

– разработки технических решений, направленных на повышение устойчивости трубопровода и обеспечение эффективности инженерной защиты.

К методам ДЗЗ для определения пространственного положения МТ относятся:

- воздушное лазерное сканирование;
- цифровая аэрофотосъемка;
- космическая съемка, включая интерферометрическую радиолокационную съемку.

Отдельно к дистанционным методам, позволяющим получить информацию о геометрии и техническом состоянии трубопровода, относится внутритрубная диагностика внутритрубными инспекционными приборами, оборудованными навигационной системой (ВИП).

В настоящее время на объектах трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов в рамках геотехнического мониторинга контроль пространственного положения МТ и его объектов выполняется с использованием ЦАФС и ВЛС.

При ВЛС предусматривается получение цифровой модели местности (ЦММ) и цифровой модели рельефа (ЦМР) со средней плотностью точек лазерного отражения (ТЛО) более 20 точек/м², а также ортофотоплана высокого пространственного разрешения (4 см) и плановой точности не менее 25 см. Помимо этого, для исследования коридора трассы в процессе обработки данных мониторинга получают серию производных карт с шириной коридора 150–300 м.

Указанный метод позволяет получать данные о пространственном положении линейной части трубопровода по характерным элементам трубопровода, а также по оборудованным устройствам, таким как деформационные марки (ДМ), устройства определения планово-высотного положения (УОВ). УОВ представляет собой устройство, жестко соединенное с трубопроводом, как правило хомутами, с оборудованной ДМ и пластиной для контроля планово-высотного положения (ПВП) при ВЛС.

Таким образом, необходимо отметить, что метод ВЛС позволяет получать достаточно точные сведения о пространственном положении трубопровода только в

местах непосредственного выхода на поверхность или на местах установки специальных устройств, типа УОВ, в прочих местах остается неопределенность, которая может увеличиваться в условиях просадки грунтов основания, развития геологических процессов.

В качестве перспективного дистанционного метода целесообразно отметить ИРЛС. Это вид космической съемки, выполняемый с космического аппарата с применением радиолокатора, который излучает и принимает отраженные от земной поверхности поляризованные радиоволны в определенном диапазоне длин волн (частот). В основе метода радарной интерферометрии лежит использование информации о разности фаз эхо-сигналов, зарегистрированных радиолокационной системой от выбранного участка местности с двух близких точек в пространстве, для которых выполняется условие взаимной когерентности принимаемых эхо-сигналов. При этом разность фаз принятых сигналов зависит от разности расстояний до цели и несет информацию о рельефе поверхности, а в двухпроходном варианте еще и об изменении расстояний до цели за время между съемками [75].

ИРЛС в зависимости от используемой длины волны обеспечивает возможность определения параметров снежного покрова, растительности, параметров льдов, создания цифровых моделей рельефа, определения перемещений поверхности грунта и объектов на нем, в нашем случае ЛЧ МТ по отражению от его элементов или дополнительных конструкций, соединенных с трубопроводом – так называемых уголковых отражателей.

Метод ИРЛС может обеспечивать достоверность, предъявляемую к результатам геодезических работ, выполняемых на объектах МТ, при этом обладает следующими преимуществами:

- высокая декларируемая точность определения перемещений – до 1 мм;
- оперативность получения данных;
- независимость метода от метеорологических условий и времени суток (атмосфера радиопрозрачна для применяемых длин радиоволн);
- исключение влияния человеческого фактора на результаты измерений ПВП объектов.

При этом необходимо отметить и недостатки ИРЛС:

- необходимость накопления серии радиолокационных снимков не менее 5 (уточняется экспериментально для каждого объекта);
- периодичность 1 пролета спутника над объектом/территорией для получения снимков не менее чем за 5 дней;
- при контроле деформаций сооружений измеряются только отдельные элементы, являющиеся искусственными или естественными отражателями, что может не обеспечивать контроль всего контура/периметра строительной конструкции (наличие естественных отражателей определяется экспериментально, искусственные – требуют установки);
- возможные ограничения при использовании космических аппаратов зарубежных компаний, так как отечественная группировка спутниковых аппаратов только развивается;
- относительно высокая стоимость космических снимков на территории расположения трубопровода за счет отсутствия возможности заказа узких полос съемки;
- необходимость последующего контроля методами геодезических измерений.

Отдельно стоит отметить указанный выше метод ВИП, позволяющий получать сведения о перемещениях (при количествах прогонов не менее двух), пространственном положении траектории прибора при наличии маркеров в специальном программном обеспечении. Развитие технологий внутритрубной диагностики позволило разработать устройство диагностического комплекса для определения положения трубопровода и способ определения относительного перемещения трубопровода по результатам двух и более инспекционных пропусков диагностического комплекса для определения положения трубопровода, на которые оформлен патент (Патент на изобретение RU 2558724 С2, 10.08.2015. Заявка № 2013155927 от 17.12.2013). Устройство и способ предназначены для определения положения трубопровода в пространстве при эксплуатации и строительстве трубопроводов. Устройство состоит из аппаратной части (акселерометров, гироскопов и одометра)

и программной части, при этом аппаратная часть установлена на внутритрубный инспекционный прибор и состоит из набора датчиков. Программная часть состоит из алгоритмов определения навигационных параметров в следующей последовательности: расчет линейной скорости, выставка, то есть определение положения в пространстве внутритрубного инспекционного прибора, расчет навигационных параметров, расчет радиусов изгиба трубопровода, коррекция траектории. Данные, полученные с аппаратной части, переписываются, и расчет навигационных параметров производится с использованием программной части. При этом способ заключается в том, что данные, полученные с диагностического комплекса для определения положения трубопровода, располагаются по таблицам и совмещаются по дистанциям, и данные пропуска внутритрубного инспекционного прибора с установленной на нем аппаратной частью диагностического комплекса для определения положения трубопровода с более ранней датой считаются базовыми, а данные последующих пропусков сравниваются с базовыми, а критерием наличия перемещения трубопровода на inspected участке является превышение модуля разностной кривизны заданного порогового значения [52].

Применение корректирующих точек, определяемых маркерами с использованием глобальной спутниковой навигационной системы GPS или/и ГЛОНАСС, осуществляется для уточнения определения пространственного положения трубопровода. Определение пространственного положения трубопровода с использованием ВИП осуществляется с целью определения перемещений трубопровода для выявления и локализации потенциально-опасных участков.

Применение наземных методов выполняется при решении задач мониторинга земель и магистральных трубопроводов:

- съемки территорий;
- определения характерных точек земельных участков и сооружений;
- контроля ПВП инженерных сооружений, включая сам трубопровод и сооружения ЛЧ МТ;
- наблюдения за опасными геологическими процессами;
- контроля глубины заложения МТ;

- геотехнического мониторинга ЛЧ МТ.

При наземных методах используются геодезическое и трассопоисковое оборудование.

Также накоплена достаточная практика применения автоматизированных систем на основе роботизированного геодезического оборудования [78]. Такие системы обустраивают в местах постоянного контроля пространственного положения МТ (как правило на участках просадочных грунтов, возможного движения грунтовых массивов). Указанные системы позволяют определять пространственное положение объекта как в онлайн режиме, так и с определенной дискретностью.

Автоматизированные системы обладают определенными преимуществами:

- определение координат в непрерывном режиме или с заданной дискретностью с точностями применяемого оборудования;
- автоматизированное сравнение полученных данных с пороговыми значениями с функцией оповещения эксплуатирующих служб;
- самодиагностика работоспособности системы и ее отдельных элементов;
- возможность дистанционного управления самой системой или ее элементами;
- сокращение человеческого фактора и ресурсов при получении данных о пространственном положении объекта;
- ведение базы данных об измерениях в автоматизированном виде.

Несмотря на плюсы автоматизированных систем, необходимо отметить ряд недостатков:

- значительный объем капитальных вложений;
- ограничения при организации связи, электроснабжения оборудования в труднодоступных и удаленных местах;
- получение данных о ПВП только по заранее выбранным и обоснованным точкам на объекте.

Именно из-за наличия указанных недостатков автоматизированные системы не нашли массового применения на сегодняшний день.

В сложившейся практике наиболее часто применяют методы с использованием геодезического и трассопоискового оборудования, при этом по возможности используются данные исполнительной документации (исполнительных чертежей, материалов генеральных планов, исполнительной и контрольной геодезических съемок, актуальных планов подземных коммуникаций, имеющихся у собственников подземных коммуникаций (эксплуатирующих организаций)). В случаях отсутствия необходимых материалов, их недостаточной полноты или точности значительно увеличивается объем работы по количеству точек контроля. Расположение углов поворота и других скрытых точек подземных коммуникаций и сооружений, а также глубина их заложения, как правило, определяются с помощью трассопоискового оборудования. В случаях невозможности применения такого оборудования выполняют шурфование в присутствии представителя собственника сооружений (эксплуатирующей организации).

Оборудование, применяемое для определения пространственного положения объектов, должно быть аттестовано в установленном порядке как средство измерений и иметь необходимое метрологическое обеспечение. Приборы, не являющиеся средствами измерений (трассопоисковое оборудование, георадары, навигаторы и др.), используются в качестве вспомогательного оборудования.

При организации и проведении мониторинга земель, занятых МТ, важным является съемка подземных сооружений, которая на прямолинейных участках, как правило, производится через 15, 20, 30, 50 и 100 м соответственно для масштабов 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000 и 1:5000, при этом глубина заложения должна определяться на углах поворота, в точках резкого излома рельефа, но не реже чем через 10 см в масштабе создаваемого плана [73].

Порядок и правила выполнения детального обследования подземных инженерных коммуникаций и сооружений при инженерно-геодезических изысканиях определен СП 11-104-97 (часть II) [71]. При этом, как указано выше, в основном используют данные исполнительных чертежей, материалов исполнительной и контрольной геодезических съемок, актуальных планов подземных коммуникаций,

имеющихся у собственников (эксплуатирующих организаций). В случае отсутствия необходимых материалов, их недостаточной полноты или точности, должны выполняться съемка и обследование подземных коммуникаций с последующим согласованием результатов у собственников (эксплуатирующих организаций).

Съемку подземных, наземных и надземных инженерных коммуникаций производят с пунктов геодезического съемочного обоснования одновременно с топографической съемкой или как отдельный вид работ при обновлении инженерно-топографических планов, исполнительных и контрольных съемках, а также в случаях периодического контроля глубины заложения трубопровода.

В соответствии с СП 47.13330.2016 (п. 5.1.18), ГОСТ 34968-2023 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Инженерные изыскания (п. 6.1.18), СП 317.1325800.2017 п. 5.3.5.3 средние погрешности в плановом положении скрытых точек подземных сооружений относительно ближайших капитальных зданий (сооружений) и пунктов геодезического съемочного обоснования не должны превышать 0,7 мм в масштабе плана [74, 12].

Средние расхождения в плановом положении скрытых точек подземных сооружений на инженерно-топографических планах с данными контрольных полевых определений относительно ближайших капитальных зданий (сооружений) и пунктов геодезического съемочного обоснования не должны превышать: 0,3 м – в масштабе 1:200; 0,5 м – в масштабе 1:500; 0,8 м – в масштабе 1:1000; 1,2 м – в масштабе 1:2000.

Предельные расхождения между значениями глубины заложения подземных сооружений, полученными с помощью трассоискателей во время съемки и по данным контрольных полевых измерений, не должны превышать 15 % глубины заложения [73].

Для оптимизации работ по пространственному определению положения объектов мониторинга, как правило, используют дифференциальную подсистему ГНСС, что обеспечивает сокращение работ по созданию опорных геодезических сетей (ОГС), сети съемочного обоснования, дает возможности по применению оборудования ГНСС, оборудования ВЛС более эффективно.

Необходимо отметить, что указанные методы определения пространственного положения подземного трубопровода достаточно трудоемки, имеют дискретность измерений (до 100 м на прямолинейных участках ЛЧ МТ), что не дает полного представления о фактическом положении элементов ЛЧ МТ и дефектов на них, а также создает трудности при определении высотного положения (заглубления) МТ на местности со сложным рельефом, обрабатываемых (пахотных) землях, со значительным количеством пересекаемых коммуникаций при использовании трассопоискового оборудования.

Анализ существующих технологий подтвердил возможность использования результатов дистанционного зондирования Земли (в том числе метода ВЛС), метода ВТД с применением ВИП, наземных измерений методом ГНСС для мониторинга земель и земельных участков, занятых инженерными сооружениями, а также для мониторинга магистральных трубопроводов.

Результаты анализа существующих технологий мониторинга земель и магистральных трубопроводов представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты анализа существующих технологий мониторинга земель и магистральных трубопроводов

№, п/п	Технологии	Метод	Требуемая точность	Заключение по точности
1	2	3	4	5
1.	Технологии с применением методов дистанционного зондирования Земли	Космическая съемка	СКП определения координат точек для земель: с/х, индивид. – 0,2 м (7 см размер проекции пикселя для АФС/ космоснимок); с/х, прочие – 2,5 м (35 см размер проекции пикселя для АФС/ космоснимок); промышленности – 0,5 м (9 см размер проекции пикселя для АФС/ космоснимок); лесного фонда, запаса, водного – 5 м (60 см размер проекции пикселя для АФС/ космоснимок)	Обеспечивает
		ИРЛС		Обеспечивает
		ЦАФС		Обеспечивает
		ВЛС		Обеспечивает
2.	Технологии с применением наземных методов	Съемка с применением геодезического и трассопоискового оборудования	Не определена (метод не используется в существующих методиках)	Обеспечивает
		Автоматизированные системы		Обеспечивает
3.	Технологии ВТД	Пропуск внутритрубного инспекционного прибора	Не определена (метод не используется в существующих методиках)	Требуется обработка по контрольным данным

На основании изложенного можно констатировать необходимость получения достоверных сведений о пространственном положении подземных трубопроводов при мониторинге земель и трубопроводов, с обеспечением непрерывности данных. А учитывая объем и виды проводимых обследований и наблюдений на территориях, занятых МТ, возникает необходимость комплексирования технологий ВЛС, ВТД, ГНСС с обеспечением единства их измерений.

К методикам мониторинга земель, занятых инженерными сооружениями, в том числе МТ, сформулированы следующие принципы:

- непрерывность;
- достоверность;
- комплексность;
- единство измерений.

Указанные принципы применены в разработанной методике комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ, с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС).

По результатам анализа установлены требования к точности обследований и их периодичности, подтверждена возможность использования результатов мониторинга ЛЧ МТ для мониторинга земель, занятых МТ.

1.3 Требования к методике комплексного мониторинга земель, занятых магистральными трубопроводами, с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС)

В результате исследования подтверждена перспективность использования комплекса средств ВЛС, ВИП, геодезических измерений методом ГНСС (применяемых при эксплуатации трубопроводов) для получения данных, применяемых при мониторинге земель, занятых МТ.

Методика комплексного мониторинга земель, занятых МТ, с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС) должна обеспечивать:

- а) получение и комплексную обработку данных со средств ВЛС, ВИП и ГНСС;
- б) возможность комплексного применения результатов для решения задач:

- мониторинга земель, занятых МТ;
- кадастра и землеустройства;
- контроля ПВП ЛЧ МТ;
- наблюдений за опасными геологическими процессами;
- контроля глубины заложения трубопровода;
- геотехнического мониторинга;

в) определение достоверного пространственного положения объектов мониторинга (в плане и по высоте) с точностью:

1) в плане: СКП определения планового положения характерных точек для земель:

- сельскохозяйственного и индивидуального назначения – 0,2 м;
- сельскохозяйственного и прочего назначения – 2,5 м;
- промышленности – 0,5 м;
- лесного и водного фонда, запаса – 5 м;

2) определение глубины заложения МТ – расхождения не должны превышать 15 % от фактической глубины;

г) определение пространственного положения каждого элемента, дефекта (при его наличии) ЛЧ МТ и его инфраструктуры;

д) возможность постоянного обновления результатов мониторинга на основании данных ВЛС, ВИП и наземных измерений, при этом обеспечивать периодичность не менее установленных нормативных требований;

е) формирование границ зон с особыми условиями использования территорий;

ж) установление границ и площади зоны влияния ЛЧ МТ на земли и земельные участки.

з) проведение оценки технического состояния ЛЧ МТ;

и) прогнозирование технического состояния ЛЧ МТ, разработку компенсирующих мероприятий;

к) оценку использования и состояния земель с учетом результатов оценки текущей и прогнозных технических состояний ЛЧ МТ;

л) прогнозирование состояния земель, разработку компенсирующих мероприятий;

м) публикацию результатов в информационных системах.

В рамках научной работы разработаны технически обоснованные нормы определения границ и площади отвода земель для объектов магистрального трубопровода, которые легли в основу ГОСТ Р 71416-2024 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Определение границ и площади отвода земель для объектов магистрального трубопровода. На основании технически обоснованных норм разработана схема процесса комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ (представлена в приложении А).

Разработанная схема является основой для методики комплексного мониторинга земель, занятых МТ, с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС).

Также определение пространственного положения земельных участков, занятых магистральными трубопроводами (МТ), объектов и инфраструктуры МТ, а также уровня их заглубления при подземной прокладке необходимы для выполнения требований нормативно-правовых актов Российской Федерации в области кадастровой, землеустроительной и градостроительной деятельности (в том числе для решения задач мониторинга использования и состояния земель, выявления нарушений границ отвода земель, мониторинга зон с особыми условиями использования территорий и др.).

Для реализации требований обеспечения единства измерений предусматривается организация геодезического обеспечения.

Задачи геодезического обеспечения предлагается решать путем создания высокоточной координатной системы, состоящей из местной системы координат (МСК), опорной геодезической сети и дифференциальной подсистемы ГНСС [47, 48].

Единство измерений и обеспечение точности при этом достигаются:

- созданием МСК, как совокупности взаимосвязанных систем координат;
- параметрическим описанием систем координат в соответствии с

ГОСТ 32453-2017 (с Поправкой) [11];

– закреплением на местности систем координат пунктами ОГС и созданием единого каталога координат, не содержащего сведений, составляющих государственную тайну;

– разработкой инструкции по работе с высокоточной координатной системой. При этом должны обеспечиваться:

– продолжительность жизненного цикла ОГС должна соответствовать сроку службы МТ, определяемая сохранностью и стабильностью положения пунктов сети;

– продолжительность жизненного цикла дифференциальной подсистемы ГНСС, определяемая минимальным сроком службы наиболее существенного оборудования, входящего в составные части данной подсистемы.

При разработке и реализации МСК требуется руководствоваться Приказом Минэкономразвития России от 28.07.2017 № 383 «Об утверждении Порядка установления местных систем координат» и требованиями законодательства Российской Федерации в области защиты государственной тайны [44].

Реализацию МСК обеспечивают пункты ОГС.

Для описания высотного положения пунктов ОГС используют Балтийскую систему нормальных высот 1977 года, отсчитываемых от нуля Кронштадтского футштока.

ОГС предназначена для геодезического обеспечения работ с применением спутниковых технологий и технологий традиционных методов.

В состав ОГС входят:

– главные пункты (в качестве закрепленных центрами геодезических пунктов, предназначенных для размещения постоянно или временно действующих референцных станций (РС));

– промежуточные пункты (глубинные реперы), в том числе реперы, расположенные на подводных переходах и площадочных объектах инфраструктуры.

Главные пункты ОГС размещают с расстояниями между смежными пунктами до 50 км (требования ГОСТ Р59562-2021 для геодезического обеспечения ВЛС), промежуточные пункты ОГС – с расстояниями между смежными пунктами до 5 км для обеспечения точности измерений, необходимой для контроля пространственного положения объектов МТ для обеспечения требований к точности ОГС [14].

Выбор мест размещения пунктов производят из расчета наилучшей видимости небосвода и отсутствия помех прохождению спутниковых сигналов на возвышении более 15° от горизонта, с учетом расположения подземных коммуникаций.

Конструкция главных пунктов ОГС также должна обеспечивать возможность выполнения нивелировки (иметь марку, позволяющую устанавливать нивелирную рейку), иметь устройство принудительного центрирования в верхней части конструкции для установки спутниковой антенны.

Координаты главных пунктов ОГС определяют от пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети и передают на промежуточные пункты путем выполнения совместного уравнивания сети.

Для реализации Балтийской системы нормальных высот 1977 используют нивелирные пункты I и II классов (пункты ГВО), от которых выполняют геометрическое нивелирование всех пунктов опорной геодезической сети в соответствии с требованиями ГКИНП (ГНТА)-03-010-03 [9].

Опорная геодезическая сеть должна образовывать однородное по точности геодезическое построение.

Для обеспечения всех видов геодезических работ при сооружении, эксплуатации и демонтаже объектов МТ средняя квадратическая погрешность взаимного положения смежных пунктов ОГС не должна превышать 8 мм в плане и 5 мм по высоте (в Балтийской системе высот 1977 года) [72].

Для обеспечения взаимной увязки измерений, а также для сокращения трудовых и финансовых затрат при выполнении работ создается дифференциальная подсистема ГНСС.

Дифференциальная подсистема ГНСС выделяется в отдельную изолированную подсеть с назначением уникального идентификатора.

При этом защиту информации дифференциальной подсистемы ГНСС следует производить с учетом требований законодательства Российской Федерации, положений политики информационной безопасности эксплуатирующей организации.

Дифференциальная подсистема ГНСС включает:

- сеть постоянно действующих РС;
- центр хранения и обработки геодезических данных (ЦХОГД);
- коммуникационный сегмент;
- пользовательский сегмент.

Основные функции РС:

- непрерывный прием спутниковой навигационной информации, поступающей от ГНСС;
- передача «сырых» данных в ЦХОГД по каналу фиксированной связи;
- запись и хранение данных в случае сбоя в работе канала подвижной радиосвязи.

В состав оборудования РС входят:

- многочастотная антенна ГНСС с системами подавления многолучевости и переотраженных сигналов, показателем эксцентриситета фазового центра не более 3 мм;
- устройство крепления антенны ГНСС;
- мультисистемный многочастотный приемник ГНСС геодезического класса сигналов ГЛОНАСС, GPS, BEIDOU и GALILEO с радиомодемом Wi-Fi;
- комплект для монтажа РС;
- комплект кабелей;
- транспортировочный кейс;
- программное обеспечение для решения целевой задачи получения координат в реальном времени (режим «RTK») и постобработки (режим «Статика»).

Применяемое оборудование ГНСС должно иметь возможность получения

высокоточного координатного решения с использованием измерений ГНСС ГЛОНАСС на отдельной основе.

Оборудование ГНСС должно поддерживать работу с оборудованием сторонних производителей в режиме «RTK» в международном формате поправок RTCM.

В оборудовании ГНСС должны быть предусмотрены меры защиты от ошибочных соединений разъемов.

Используемый приемник ГНСС геодезического класса должен осуществлять совместный прием и обработку сигналов ГЛОНАСС, GPS, BEIDOU, GALILEO и SBAS, а также только сигналов ГНСС ГЛОНАСС:

- ГЛОНАСС в частотных диапазонах L1CT, L2CT, L3;
- GPS в частотных диапазонах L1 C/A, L2 CL/CM, L5;
- GALILEO в частотных диапазонах E1, E5B, E5A;
- BEIDOU в частотных диапазонах B1, B2.

Используемая в аппаратно-программном комплексе антенна ГНСС должна обеспечивать возможность приема сигналов ГНСС:

- ГЛОНАСС в частотных диапазонах L1CT, L2CT, L3;
- GPS в частотных диапазонах L1 C/A, L2 CL/CM, L5;
- GALILEO в частотных диапазонах E1, E5B, E5A;
- BEIDOU в частотных диапазонах B1, B2.

Используемое в аппаратно-программном комплексе оборудование должно обеспечивать среднюю квадратическую погрешность определений:

- в режиме «Статика» и «Быстрая статика», не более:
 - в плане: 5 мм + 0,5 мм/км;
 - по высоте: 10 мм + 0,5 мм/км.
- в кинематическом режиме (режиме непрерывной кинематики, в режиме «стой-иди» с последующей обработкой и режиме «RTK»), не более:
 - в плане: 10 мм + 1,0 мм/км;
 - по высоте: 20 мм + 1,0 мм/км.

Основные функции ЦХОГД:

- сбор спутниковой информации со всех РС, связанных с ЦХОГД, с

помощью канала подвижной радиосвязи;

- вычисление и передача корректирующей информации по каналам сетей передачи данных, включая каналы беспроводной связи по протоколу NTRIP для уточнения местоположения трубопровода и объектов его инфраструктуры;

- передача «сырых» данных потребителям для реализации режима постобработки;

- определение координат трубопровода и объектов его инфраструктуры в режиме постобработки;

- архивирование спутниковой информации;

- мониторинг сети РС и управление работой сети с использованием каналов связи.

Коммуникационный сегмент включает:

- канал фиксированной связи;

- канал подвижной радиосвязи.

Канал фиксированной связи используют как транспортную среду для доставки спутниковой информации («сырых» данных) от РС до ЦХОГД через постоянные каналы связи Ethernet, обновляемые с частотой – не ниже 1 Гц и скоростью передачи данных – не менее 9,6 Кбит/с (для обеспечения режимов работы ГНСС оборудования).

Канал фиксированной связи должен обеспечивать круглосуточный режим бесперебойной передачи спутниковой информации.

Канал подвижной радиосвязи предназначен для доставки корректирующей информации из ЦХОГД на подвижную станцию (ПС) с частотой – не менее 0,3 Гц и скоростью передачи данных – не менее 1,9 Кбит/с.

В состав оборудования ПС входят:

- мультисистемный многочастотный приемник ГНСС геодезического класса с многочастотной антенной ГНСС сигналов ГЛОНАСС, GPS, BEIDOU и GALILEO, радиомодемами УКВ, GSM и Wi-Fi, объединенные в одном компактном устройстве;

- контроллер с программным обеспечением и встроенными радиомодемами GSM и Wi-Fi для связи по радиоканалу с мультичастотным приемником ГНСС;

- устройство крепления контроллера на геодезической вехе;
- устройство крепления абонентского терминала подвижной радиосвязи на геодезическую веху;
- ПО ПС для решения целевой задачи получения координат в реальном времени (режим «RTK») и постобработки (режим «статика»);
- сетевой адаптер, совмещенный с зарядным устройством;
- комплект кабелей;
- транспортировочный кейс.

Подключение к каналам связи объекта определяется техническими условиями, выданными организацией, эксплуатирующей каналы связи.

При отсутствии каналов передачи данных передачу корректирующей информации могут осуществлять с использованием радиосвязи УКВ или GSM в частотных диапазонах, регламентированных законодательством Российской Федерации с помощью УКВ радиомодемов или GSM модемов.

Применяемое оборудование в качестве средств измерения в соответствии с СП 47.13330.2016 (4.8) подлежит государственному метрологическому контролю и надзору.

Схема организации дифференциальной подсистемы ГНСС представлена на рисунке 1.1.

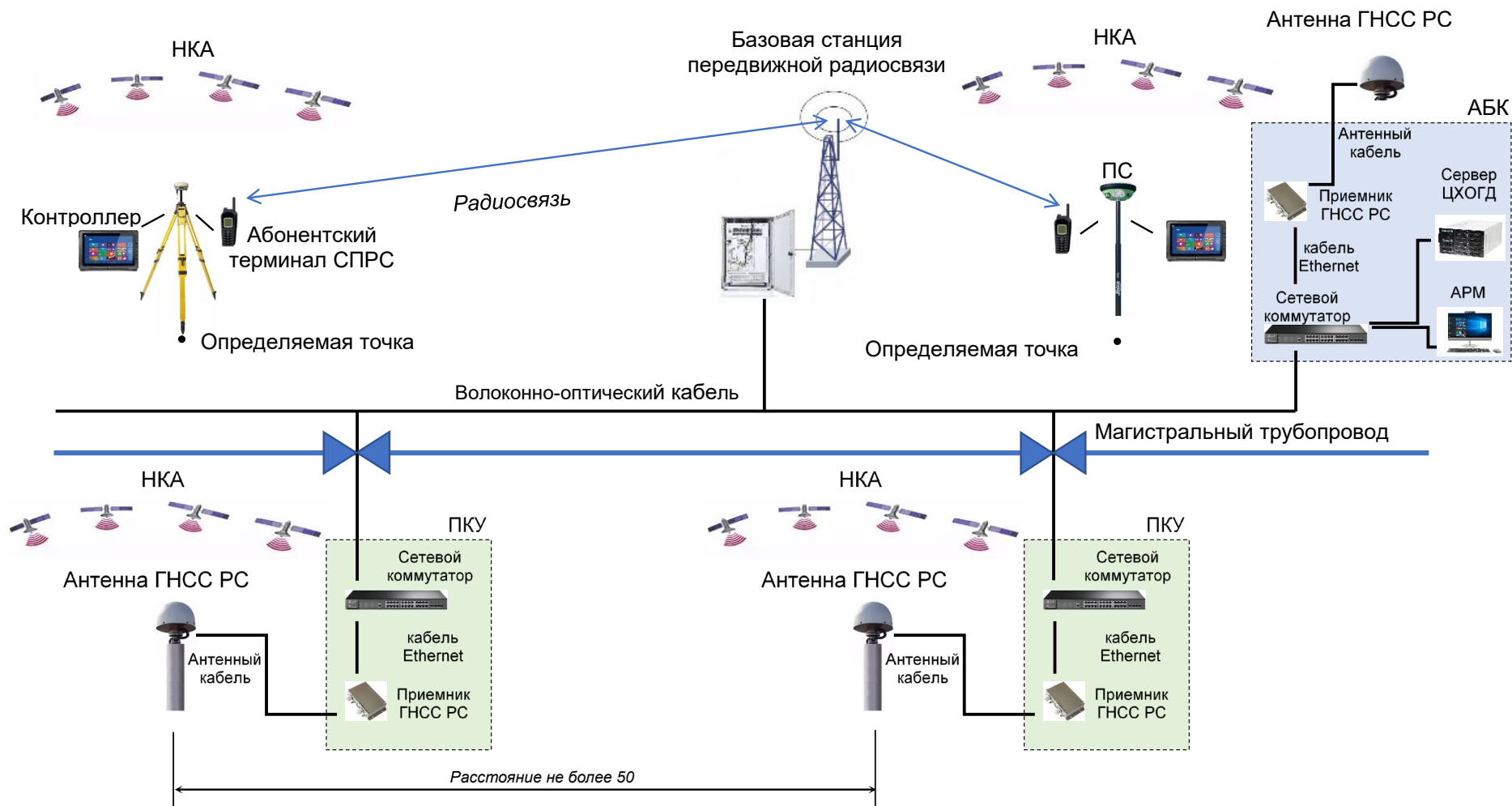


Рисунок 1.1 – Схема организации дифференциальной подсистемы ГНСС

2 МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ, ЗАНЯТЫХ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Развитие современных измерительных технологий, представленных ВЛС, ВТД с применением ВИП, дифференциальной подсистемой ГНСС, обеспечило возможность их комплексного использования для получения информации о пространственном положении, глубине заложения коммуникаций, границ земель и земельных участков, занятых инженерными сооружениями, необходимых для качественной оценки состояния и использования земель, обеспечения их рационального использования при безопасной эксплуатации трубопроводов в составе сложных природно-хозяйственных территориальных систем. Границы земель и земельных участков, подверженных воздействиям МТ, устанавливаются на основании точного определения пространственного положения инженерных сооружений. Кроме того, принимая во внимание динамичность системы «трубопровод-окружающая среда (территории)», возникает необходимость учета воздействий сооружениями на земли и земельные участки, на которых они расположены. Для отслеживания динамики изменений на объектах трубопроводного транспорта организованы периодические обследования, которые целесообразно учитывать при проведении комплексного мониторинга земель, подвергающихся влиянию объектами трубопроводного транспорта.

При разработке методики комплексного мониторинга земель, занятых МТ, учитывался опыт уже проведенных исследований, представленный в работах известных ученых. Среди таких работ следует отметить труды: в области кадастра, мониторинга земель и геоинформационного моделирования объектов природно-технических систем – Карпика А. П., Лисицкого Д. В., Мелкого В. А., Сизова А. П., Трубиной Л. К., Хлебниковой Т. А., Oosterom P., Ploeger H., Stoter J., Zlatanova S. [1, 8, 15, 17, 20, 18, 25, 22, 23, 24, 26, 27, 35, 50, 51, 59, 62, 76, 77, 91, 96, 98, 107, 97, 114, 115, 116, 67]; в области высокоточных методов определения геометрических параметров инженерных сооружений – Брыня М. Я., Комиссарова А. В., Муста-

фина М. Г., Уставича Г. А., Хорошилова В. С., Шоломицкого А. А., Gruendig L., Milev I., [3, 5, 16, 21, 28, 39, 40, 41, 61, 79, 86, 85, 87–89, 95, 102, 104, 105, 103]; в области безопасной эксплуатации и мониторинга МТ – Лисина Ю. В., Махутова Н. А., Неганова Д. А. [29, 33, 34, 42, 46, 49, 54, 60, 70, 99, 108, 106, 110–113].

Разработанная в процессе исследования методика позволяет научно обоснованно устанавливать границы зон с особыми условиями использования территорий, выполнять оценку состояния и использования земель, планировать их рациональное использование при безопасной эксплуатации трубопроводов в составе сложной природно-хозяйственной территориальной системы.

Разработанная методика комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами, содержит технически обоснованные нормы обработки данных ВЛС, ВИП, ГНСС и включает следующие этапы:

- получение средствами ВЛС сведений о пространственном положении объектов МТ (УЗА, УОВ, КПП СОД), поверхности Земли:
 - а) проведение ВЛС;
 - б) построение ЦММ/ЦМР;
 - в) формирование ведомостей координат и высот объектов МТ;
 - г) формирование продольного профиля поверхности Земли;
- получение сведений о траектории ВИП, параметрах трубных секций;
- получение наземными геодезическими ГНСС-измерениями сведений о пространственном положении элементов и/или объектов ЛЧ МТ;
 - определение посекционного пространственного положения ЛЧ МТ:
 - а) загрузка траекторий пропусков ВИП;
 - б) загрузка первичного перечня точек коррекции (УЗА, УОВ и прочие элементы трубопровода) из ведомостей координат и высот объектов МТ, продольного профиля поверхности Земли для формирования первичного перечня точек коррекции;
 - в) верификация точек коррекции с формированием первичного перечня точек коррекции;

- г) формирование результирующей оси ЛЧ МТ;
- д) оценка и контроль достигнутой точности пространственного положения оси ЛЧ МТ по данным контрольных точек;
- е) определение и верификация дополнительных точек коррекции для уточнения местоположения оси ЛЧ МТ на участках с превышениями требуемой точности;
- ж) уточнение результирующей оси ЛЧ МТ по дополнительным точкам коррекции;
- з) формирование посекционной ЛЧ МТ;
 - формирование границ зон с особыми условиями использования территорий;
 - получение сведений о границах земельных участков из ЕГРН;
 - установление границ и площади зоны влияния ЛЧ МТ на земли и земельные участки (в соответствии с разработанным автором ГОСТ Р 71416);
 - оценка технического состояния ЛЧ МТ:
- а) контроль ПВП ЛЧ МТ и глубины заложения трубопровода и сооружений МТ – не менее 1 раза в год на пахотных землях и не менее 1 раза в 5 лет для прочих (Приказ Ростехнадзора от 02.08.2018 № 330);
- б) наблюдения за движениями земной поверхности и опасными/экзогенными природными процессами – в соответствии с программой наблюдений, но не менее 2 раз в год (СП 11-104-97);
- в) геотехнический мониторинг – в период эксплуатации на основании программ мониторинга, не менее 2 раз в год для участков на многолетних мерзлых грунтах и не менее 1 раза в год для прочих, эксплуатируемых в сложных природно-климатических условиях (СП 126.13330.2017, СП 22.13330.2016, СП 25.13330.2020);
 - прогнозирование технического состояния ЛЧ МТ, разработка компенсирующих мероприятий для обеспечения его безопасной эксплуатации;
 - оценка использования и состояния земель с учетом результатов оценки текущей и прогнозных технических состояний ЛЧ МТ:
- а) для сельскохозяйственных земель – не менее 1 раза в 5 лет (Приказ

Минсельхоза России от 24.12.2015 № 664);

б) для прочих – не более 1 раза в 3 года (Приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 22.07.2021 № П/0315);

в) ежегодная корректировка по результатам оценки текущего и прогнозного технических состояний ЛЧ МТ, выполняемых при реализации регламентных процедур при эксплуатации объекта (контроль планово-высотного положения ЛЧ МТ и глубины заложения трубопровода и сооружений МТ, наблюдения за движениями земной поверхности и опасными/экзогенными природными процессами, геотехнический мониторинг, внутритрубная диагностика и обследование);

– прогнозирование состояния земель, разработка компенсирующих мероприятий;

– публикация результатов в информационных системах.

Технологическая схема комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ, представлена на рисунке 2.1.

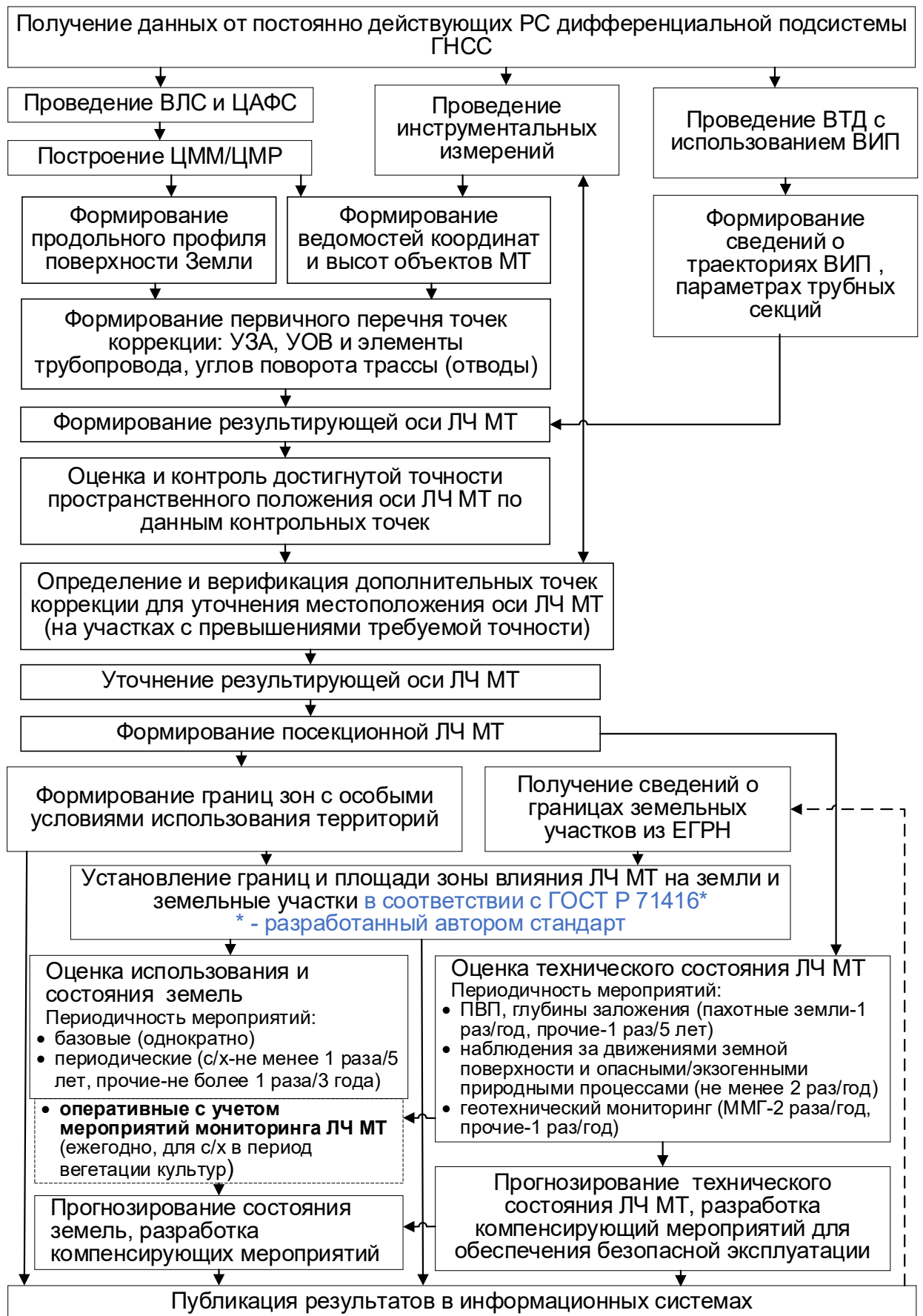


Рисунок 2.1 – Технологическая схема комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ

2.1 Получение средствами ВЛС сведений о пространственном положении объектов МТ (УЗА, УОВ, КПП СОД), поверхности Земли

Получение средствами ВЛС сведений о пространственном положении объектов МТ (УЗА, УОВ, КПП СОД), поверхности Земли предусматривает выполнение следующих этапов работ [58]:

- а) подготовительный этап, включающий:
 - разработку, согласование и утверждение технического задания на проведение ВЛС (ТЗ);
 - получение разрешений на выполнение ВЛС;
 - разработку и утверждение проекта производства работ (ППР);
 - подготовку исходных данных для проведения ВЛС;
 - проверку и подготовку комплекта оборудования;
 - планирование полетов;
- б) полевой этап, включающий:
 - подготовку планово-высотного геодезического обеспечения ВЛС;
 - установку на борт ВС оборудования ВЛС, сертифицированного для установки на данный тип ВС;
 - измерение оффсет-параметров;
 - проведение калибровочного полета и расчет параметров внешнего ориентирования;
 - выполнение ВЛС;
 - экспресс-обработку материалов ВЛС с проверкой на полноту и качество полученных материалов;
- в) подготовка и передача материалов ВЛС для контрольного просмотра в специализированной организации;
- д) камеральный этап, включающий:
 - классификацию исходных точек лазерного отражения (ТЛО);
 - создание ЦМР;
 - построение продольного профиля Земли вдоль трубопровода;

– формирование ведомостей координат и высот поверхности Земли по оси трубопровода, надземных элементов МТ: УОВ, УЗА, КПП СОД, пунктов подогрева нефти, участков трубопроводов надземной прокладки.

2.1.1 Подготовительный этап

Перед производством работ разрабатывается, согласовывается и утверждается ТЗ.

До начала проведения ВЛС получают разрешения на проведение ВЛС в следующих специализированных организациях:

- Генеральный штаб Вооруженных Сил Российской Федерации (ГШ ВС России);
- оперативное управление военного округа по месту проведения ВЛС.

Для получения разрешений на проведение ВЛС направляется письмо-запрос в ГШ ВС России на проведение ВЛС и письмо-запрос в оперативное управление военного округа о согласовании проведения ВЛС.

На основании полученных разрешений направляется письмо-запрос в ФСБ России о согласовании проведения ВЛС.

Перед началом проведения ВЛС выполняются визуальные обследования наземных элементов трубопровода, в том числе УОВ для проведения ВЛС (при наличии), представляющие собой металлические пластины размером 500х500 мм, горизонтально закрепленные над трубопроводом.

В процессе визуальных обследований контролируются геометрические параметры УОВ, уточняются пригодные УОВ.

Нарушенные УОВ до начала проведения ВЛС подлежат восстановлению и проведению ГНСС измерений для определения их новых значений координат и высоты.

На основании ТЗ разрабатывается, согласовывается с организацией, эксплуатирующей МТ, и утверждается исполнителем ППР, включающий планирование полетов, используемое оборудование.

Планирование полетов следует выполнять в ПО сканирующей системы, исходя из следующих параметров:

- конфигурация территории и ее протяженность;
- используемый тип ВС;
- наличие в районе работ пунктов базирования и дозаправки, используемых воздушных судов;
- аппаратные характеристики оборудования ВЛС;
- характеристики аэрофотокамеры;
- необходимая точность данных;
- климатические особенности местности.

При разработке схемы полетов следует учитывать следующие требования:

- при проведении съемки линейно-протяженных объектов (в один проход) следует предусматривать 20 % превышение ширины сканируемой полосы над шириной территории, подлежащей съемке;
- ВЛС объектов ЛЧ МТ следует выполнять вдоль осевой линии;
- при проведении площадной съемки следует выполнять ВЛС по параллельным траекториям, идущим в направлении «север – юг» или «запад – восток», при этом предусматривать 20 % перекрытие смежных площадей между собой;
- АФС должны иметь продольное перекрытие не менее 60 % и поперечное перекрытие 30 % для обеспечения резервной возможности построения фотограмметрического блока;
- перекрытие между соседними проходами ВЛС должно составлять не менее 25 %.

Планируемое к использованию при проведении ВЛС оборудование должно проходить метрологическое освидетельствование (поверку). Свидетельства о поверке должны быть приложены к техническому отчету о проведении ВЛС.

2.1.2 Полевой этап

В качестве базовых станций (БС) используются РС дифференциальной подсистемы ГНСС, при этом перед началом работ выполняется проверка их работоспособности.

Расстановка РС с шагом 50 км обеспечивает соответствие требованиям ГОСТ Р59562-2021 по обеспечению расстояния от любой точки зоны ВЛС до ближайшего пункта БС (не более 25 км).

Установленные на борту ВС ГНСС-антенна и приемник должны обеспечивать запись траектории полета и времени срабатывания затвора аэрофотоаппарата с частотой, равной 1 с.

Схема проведения ВЛС ЛЧ МТ приведена на рисунке 2.2.

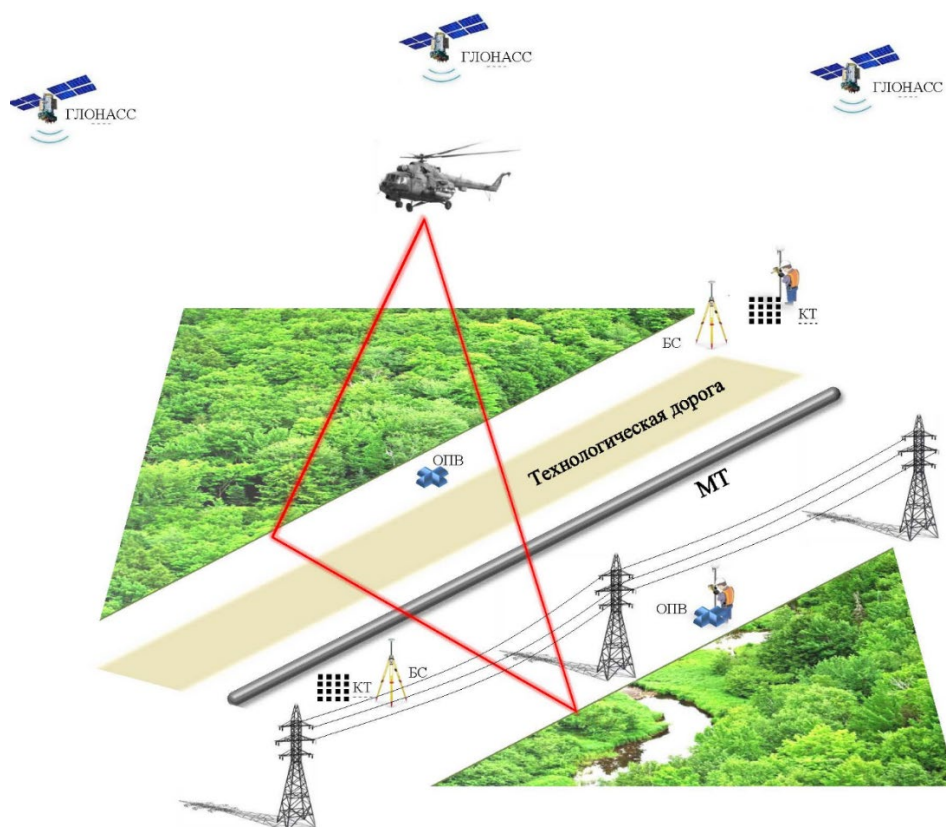


Рисунок 2.2 – Схема проведения ВЛС ЛЧ МТ

Для оценки плановой и высотной точности координат точек ВЛС следует проводить наземные геодезические измерения высотных контрольных точек (КТ) и опорных пунктов плана и высоты (ОПВ) от РС.

Условия проведения наземных геодезических измерений должны отвечать следующим требованиям:

- дискретность записи измерений – 1 с;
- маска по возвышению – 15° ;
- допустимый коэффициент снижения точности измерения за геометрию пространственной засечки PDOP – не более 4;
- количество одновременно наблюдаемых спутников – не менее 5 шт.

КТ следует располагать вблизи БС на ровных открытых асфальтированных, бетонных или укатанных грунтовых площадках и при этом должны формировать фигуру прямоугольной формы, состоящую минимум из 6 точек, расположенных на расстоянии не более 1 м друг от друга.

ОПВ следует располагать парами вблизи БС на противоположных краях охранной зоны МТ. Расстояние между двумя соседними парами ОПВ не должно превышать 100 км. Один съемочный полет должен содержать минимум одну пару ОПВ.

ОПВ представляют собой квадратную пластину белого цвета, размером не менее 30 x 30 см. Пластины следует закреплять металлическим штырем длиной около 50 см в грунт.

Высота и координаты высотных КТ и ОПВ определяются двухчастотными ГНСС-приемниками в режиме «статика» от ближайшей БС.

Наземные геодезические измерения следует выполнять в соответствии с ГКИНП(ОНТА)-02-262-02 [10].

Установку оборудования ВЛС на борт ВС выполняют в соответствии с инструкцией, определяющей порядок действий при установке аэросъемочного комплекса на борт ВС.

Измерение оффсет-параметров заключается в определении параметров взаимного ориентирования инерциальной навигационной системы сканера и ГНСС-антенны бортового приемника, расположенной на фюзеляже ВС.

Измерения проводятся согласно руководству (инструкции) по эксплуатации аэросъемочного оборудования.

Проведение калибровочного полета и расчет параметров внешнего ориентирования аэрофотокамеры выполняются до начала работ по ВЛС после установки оборудования ВЛС на борт ВС.

Для выполнения калибровочного полета, как правило, используется площадка размером не менее 500 x 500 м. В качестве площадки может быть использована территория аэродрома с разметкой на взлетно-посадочной полосе или территория городской застройки. Над выбранной калибровочной площадкой необходимо выполнить не менее четырех съемочных проходов по два встречных в каждую сторону.

В пределах выбранной территории наземным способом определяются координаты 10–16 точек, хорошо опознаваемых как по ТЛЮ, так и по АФС. Внешнее ориентирование АФС в геодезическом пространстве выполняется методом обратной фотограмметрической засечки с использованием указанных точек в качестве опорных.

Расчет угловых поправок камеры проводится с использованием программных средств при обработке материалов ВЛС.

При измерениях отклонений по углам ориентирования допустимый разброс измеренных значений – не более $0,08^\circ$ по углам крена и тангажа, а также $0,5^\circ$ по углу азимута.

Используемые летательные аппараты вертолетного типа должны быть оснащены системами виброгашения несущего ротора.

Работы с использованием оборудования ВЛС выполняются в соответствии с паспортом оборудования ВЛС, его техническими характеристиками и эксплуатационными условиями.

Время проведения ВЛС корректируется накануне полета в соответствии с прогнозом расположения спутников. Съемка не проводится при увеличении значения PDOP более 4 и при наличии спутников менее 6 шт.

ВЛС выполняется при углах крена ВС не более 5° в момент съемки и не более 20° при разворотах.

Отклонения от оси маршрута – не более 15 м.

Объективы аэрофотокамер, используемые при проведении ВЛС, должны иметь постоянное фокусное расстояние.

С целью минимизации смаза изображения на АФС, вызванного движением ВС, аэрофотосъемка выполняется с минимальной скоростью движения ВС. Допустимыми значениями экспозиции являются значения, при которых продольный сдвиг изображения за движение носителя составляет не более одного пикселя на АФС.

При ухудшении погодных условий при проведении ВЛС съемка приостанавливается до момента выхода ВС из зоны неприемлемых для съемки/полета условий. При ухудшении погодных условий на объекте и невозможности выполнять дальнейшую съемку командиром ВС принимается решение о возвращении в аэропорт базирования.

При выявлении сбоев в аппаратуре выполнение ВЛС прекращается, продолжение съемки возможно после устранения неполадок с повтором съемки участка МТ перед возникновением неполадок.

Полеты при проведении ВЛС выполняются в соответствии со схемами полетов, разработанными борт-оператором в специализированном ПО для планирования полетов, с учетом конфигурации трассы МТ.

Полеты следует выполнять по линиям полета, позволяющим перекрыть отдельный участок МТ одним проходом. При невозможности съемки участка МТ в один проход, участок МТ следует разбить на прямолинейные участки МТ.

Борт-оператором по согласованию с инженером-обработчиком накануне предстоящего полета определяется основной и резервные (при неблагоприятных

погодных условия на основном участке МТ) участка МТ, подлежащие съемке, и информируется о плане полета экипаж ВС.

В день проведения ВЛС перед вылетом борт-оператором проверяется работоспособность оборудования ВЛС на земле.

В течение всего времени, начиная с момента запуска двигателей до их остановки на земле, борт-оператором ведется текстовый файл с описанием выполняемых действий.

При подлете к участку съемки борт-оператором проверяется работоспособность оборудования ВЛС с проведением тестового включения и записи данных. Убедившись в работе оборудования без сбоев, оператором принимается окончательное решение о начале съемки и дается указание экипажу о заходе на маршрут съемки.

В процессе съемки борт-оператором отслеживается показатель PDOP. При показателях PDOP более 4 съемка прекращается.

Борт-оператор отслеживает полноту покрытия ТЛО и АФС трассы МТ.

При наличии пропусков в материалах ВЛС, выявленных в процессе съемки, борт-оператором принимается решение о повторной съемке данного участка МТ, построив в ПО для планирования полетов линию съемки для экипажа ВС, либо сообщив о пропуске инженеру-обработчику при передаче материалов на экспресс-обработку для выдачи координат участка съемки МТ в последующие полеты.

По окончании съемки основного участка МТ экипажем ВС совместно с борт-оператором принимается решение о начале съемки следующего участка МТ или возвращении на аэродром базирования.

После приземления борт-оператором сообщается экипажу о выключении оборудования ВЛС. Только после этого экипажем выключаются двигатели ВС.

При передаче материалов ВЛС на экспресс-обработку борт-оператором дополнительно передается текстовый файл, сгенерированный в полуавтоматическом режиме с комментариями о режимах полета, сбоях оборудования и прочих особых моментах съемки.

Экспресс-обработка материалов ВЛС включает:

- расчет траектории движения ВС (проводится по данным с бортовой инерциальной навигационной системы, бортового и базовых приемников);
- получение исходного массива ТЛО (производится по данным совместной обработки файлов траекторий и исходных материалов ВЛС);
- конвертация АФС из исходного формата в требуемый формат.

При выполнении ВЛС бортовые регистрирующие системы обеспечивают запись текстовых файлов с метками времени срабатывания затвора аэрофотокамеры.

Расчет и коррекция элементов внешнего ориентирования каждого АФС при условии одновременного проведения ВЛС выполняются с использованием калибровочных параметров, меток времени и файла траектории полета.

2.1.3 Подготовка и передача материалов ВЛС

для контрольного просмотра в специализированные организации

Исполнителем выполняется формирование и передача материалов ВЛС на контрольный просмотр в специализированные организации – оперативные управления штабов военных округов.

По результатам проведения контрольного просмотра оформляется акт контрольного просмотра материалов ВЛС.

Порядок обращения со сведениями, составляющими государственную тайну, должен соответствовать требованиям законодательства Российской Федерации в области защиты государственной тайны, закону Российской Федерации от 21.07.1993 № 5485-1 «О государственной тайне», а также нормативным правовым актам Российской Федерации по обеспечению режима секретности [43].

Работы с использованием сведений, составляющих государственную тайну, проводятся в режимных помещениях.

Обработка информации, содержащей сведения, составляющие государственную тайну, осуществляется с использованием аттестованных средств вычислительной техники, установленных в режимных помещениях в соответствии

с требованиями нормативных правовых актов Российской Федерации по защите информации от ее утечек по техническим каналам.

2.1.4 Камеральный этап

В специализированном ПО создаются файлы, содержащие список классов ТЛО и их атрибуты, комплект необходимых слоев с именами и соответствующими атрибутами, а также информацию о геометрии трассы МТ.

Разбивка ТЛО выполняется на технологические фрагменты с сохранением формата и признака времени и цвета ТЛО. Файлы должны содержать не более 10 млн точек.

Классификация проводится в автоматическом режиме в специализированном ПО. После получения предварительных результатов классификации выполняется проверка и корректировка ТЛО в интерактивном ручном режиме.

Не допускается безвозвратное удаление дефектных ТЛО.

Классификация ТЛО проводится с созданием следующих классов ТЛО (номер класса, название класса):

- 2 «земля»;
- 3 «прочие точки».

Методика классификации ТЛО земной поверхности следующая:

а) автоматически выполняется пакетная обработка комплекта файлов с выделением точек земной поверхности в отдельный класс 2 «земля»;

б) выполняется визуальный контроль автоматической классификации точек земли последовательно в каждом файле при помощи построенной модели поверхности по точкам класса 2 «земля» в специализированном ПО. Модель имеет цветовую гипсометрическую окраску, а также теневую отмывку рельефа, параметры которых задаются оператором исходя из величины перепадов высот на конкретном технологическом фрагменте. Резкие тени и частая смена циклов гипсометрической окраски свидетельствуют о возможных серьезных дефектах автоматической классификации. Подобные места подвергаются анализу

оператором и подлежат переклассификации инструментами специализированного ПО из класса 2 «земля» в 3 класс «прочие точки»;

в) выполняется архивирование обработанных файлов и их резервное копирование по завершении операции классификации.

Обработанные файлы, ТЛЮ которых находятся в нужных классах, подлежат архивированию и резервному копированию.

Построение ЦМР выполняется в специализированном ПО в автоматическом режиме методом триангуляции Делоне с использованием только ТЛЮ класса 2 «земля», полученного с обязательным интерактивным исправлением ошибок автоматической классификации.

ЦМР применяют для последующего создания продольного профиля Земли вдоль трубопровода.

Результаты построений ЦМР сохраняются в следующих видах:

- регулярная модель в виде GRID, созданная по сетке, размер которой указывается дополнительно;
- нерегулярная модель в виде TIN, созданная по всем точкам рельефа.

Не допускается использование фильтров для сглаживания ЦМР и прочих регулярных моделей.

На основе классифицированных ТЛЮ в разработанном программном модуле автоматизированного анализа ПВП МТ и их динамики по данным ВЛС формируются ведомости координат и высот надземных элементов МТ (УОВ, УЗА, КПП СОД и т. д.), а в разработанном программном модуле автоматизированного анализа параметров сложных геологических условий расположения объектов МТ и их динамики по данным ВЛС формируется продольный профиль Земли по оси трубопровода.

Точность определения высотных отметок надземных объектов методом ВЛС характеризуется СКП (не более 60 мм).

2.2 Получение сведений о траектории ВИП, параметрах трубных секций

Получение сведений о траектории ВИП, параметрах трубных секций выполняется при проведении диагностического обследования трубопровода в следующем порядке:

- трансляция профилометрических данных с получением формата файлов, необходимых для последующей интерпретации;
- интерпретация трубных секций трубопровода;
- подготовка результатов интерпретации данных пропуска ВИП.

В процессе обработки профилометрических данных ВИП в специализированном ПО формируются сведения о его траектории движения по совокупности навигационных данных, полученных инерциальным навигационным блоком прибора.

Траектория представляет собой линию, описанную точками с шагом не более длины каждой секции труб. Точки траектории представляют собой файлы табличного формата. Каждая точка в файле представлена в виде набора плоских прямоугольных координат в условной системе координат.

При выполнении работ, как правило, выполняется определение координат и высот точек пуска и приема ВИП (камера пуска ВИП и камера приема ВИП).

Для проведения работ по определению геодезических координат и высот указанных точек используется ГНСС оборудование.

Измерения проводятся в режиме «статика» от ближайшей РС. Допускается проведение в режиме «RTK» при соответствующем обосновании (на основании требуемых параметров точности результатов определения пространственного положения трубопровода).

Погрешность установки в плане и по высоте антенн аппаратуры ГНСС над точками измерений не должна превышать 2 мм, в соответствии с требованиями ГКИНП (ОНТА)-02-262-02.

2.3 Получение наземными геодезическими ГНСС измерениями сведений о пространственном положении элементов и/или объектов ЛЧ МТ

В местах характерных изменений направлений ЛЧ МТ (повороты ЛЧ МТ), определяемых при анализе траекторий движения ВИП ПРН/ОПТ, а также по наземным элементам трубопровода (УЗА, УОВ, и др.) формируется перечень точек коррекции и контрольных точек, по которым пересчитываются фактические координаты и высоты ЛЧ МТ.

Определение координат и высот характерных точек выполняется по результатам ВЛС, при отсутствии возможности использования данных ВЛС (наличие укрытий, колодцев, «затененность» объекта) выполняются геодезические измерения ГНСС-методами.

Для проведения работ по определению геодезических координат и высот указанных точек используется ГНСС-оборудование.

Применяемые ГНСС-методы определения координат и высот характерных точек/элементов трубопровода должны обеспечивать требуемую точность определения пространственного положения объекта.

Измерение ПВП с применением оборудования ГНСС в режиме «RTK» проводится от ближайшей РС.

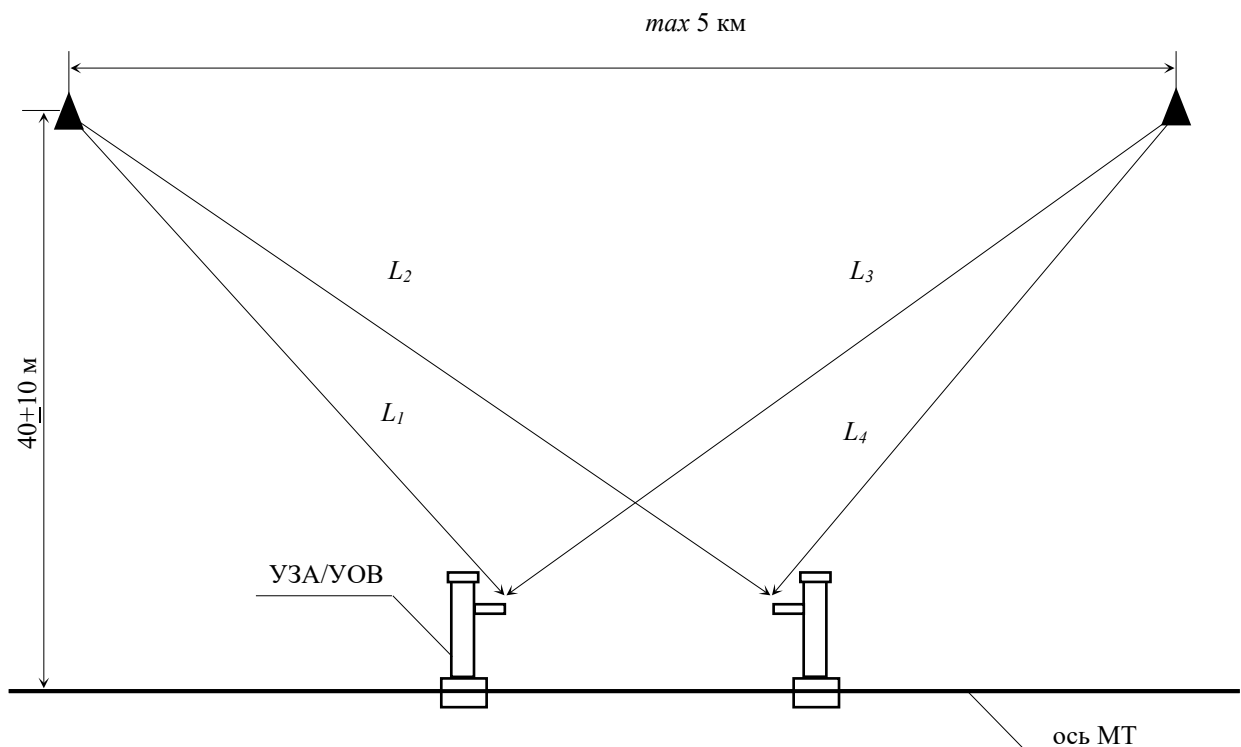
При производстве работ по измерению точек коррекции погрешность установки измерительных средств не должна превышать 2 мм.

Для определения положения и глубины заложения трубопроводов подземной прокладки в точках коррекции и контрольных точках допускается применять трассоискатели (обосновывается требуемой точностью получаемого результата). Определение положения и глубины заложения трубопровода подземной прокладки должно проводиться в соответствии с требованиями, указанными в руководстве по эксплуатации используемого трассоискателя и в соответствии с требованиями СП 11-104-97 (часть II).

Измерение точек с применением оборудования ГНСС производится в соответствии с требованиями ГКИНП (ОНТА)-02-262-02.

При необходимости проведения измерений с применением оборудования ГНСС в режиме «статика» или «быстрая статика» измерение производится не менее чем от двух ближайших РС.

При проведении измерений в режиме «статика» или «быстрая статика» ГНСС-антенна подвижной станции устанавливается на ДМ, закрепленную на УЗА, УОВ или элемент ЛЧ МТ, при этом в качестве базовых станций используются РС. Схема измерения с использованием оборудования ГНСС в режиме «статика» или «быстрая статика» приведена на рисунке 2.3.



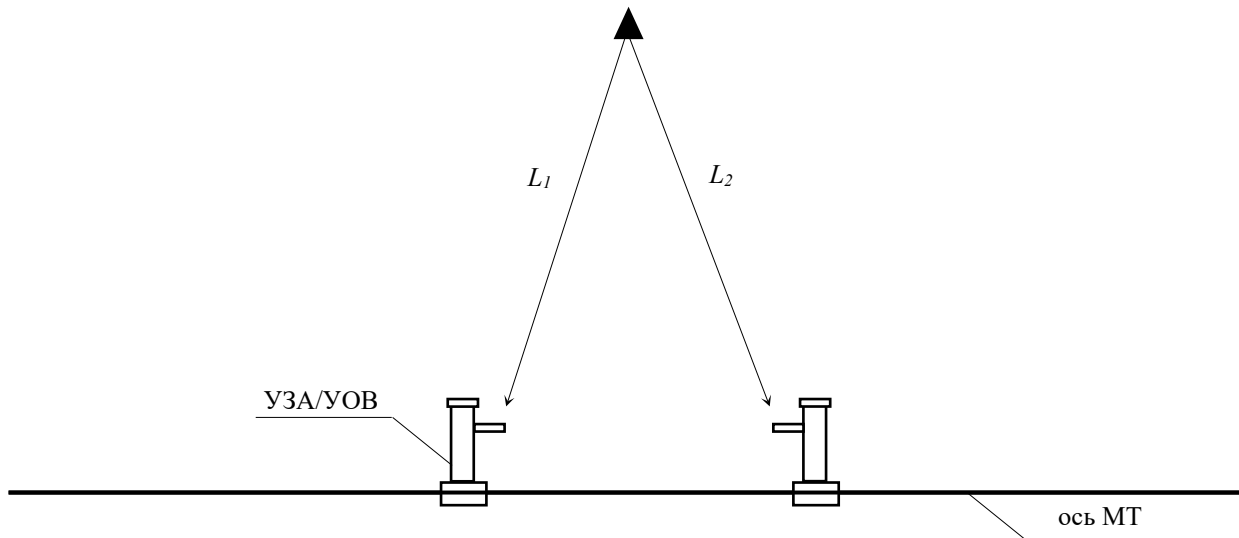
L_1, L_2, L_3, L_4 – измерение от РС/пункта СГР до ДМ, установленной на УОВ;

▲ – РС дифференциальной подсистемы ГНСС

Рисунок 2.3 – Схема измерения координат и высот с использованием оборудования ГНСС в режимах «статика», «быстрая статика»

При проведении измерений в режиме «RTK» ГНСС-антенна подвижной станции устанавливается на ДМ, закрепленную на УЗА, УОВ или элемент ЛЧ МТ.

Схема измерения с использованием оборудования ГНСС в режиме «RTK» приведена на рисунке 2.4.



L_1, L_2 – измерение от РС/БС до ДМ, установленной на УОВ;

▲ – РС дифференциальной подсистемы ГНСС

Рисунок 2.4 – Схема измерения координат и высот с использованием оборудования ГНСС в режиме «RTK»

Результаты измерений записываются в журнал измерений.

Камеральная обработка спутниковых измерений выполняется в специализированном ПО и включает:

- предварительную обработку данных спутниковых измерений;
- анализ качества и надежности данных спутниковых измерений;
- уравнивание спутниковых измерений и получение окончательных значений.

Окончательная камеральная обработка измерений дополнительно может включать:

- вычисление параметров перехода в требуемые координатные системы;
- перевод координат в требуемую координатную систему.

Требования к точности измерения характеризуются СКП измерений и составляют:

- в плане – 30 мм;
- по высоте – 40 мм.

2.4 Определение посекционного пространственного положения ЛЧ МТ

Определение посекционного пространственного положения ЛЧ МТ предусматривает выполнение этапов в разработанном программном модуле:

- загрузка траекторий пропусков ВИП;
- загрузка первичного перечня точек коррекции (УЗА, УОВ и прочие элементы трубопровода) из ведомостей координат и высот объектов МТ, продольного профиля поверхности Земли для формирования первичного перечня точек коррекции;
- верификация точек коррекции с формированием первичного перечня точек коррекции;
- формирование результирующей оси ЛЧ МТ;
- оценка и контроль достигнутой точности пространственного положения оси ЛЧ МТ по данным контрольных точек;
- определение и верификация дополнительных точек коррекции для уточнения местоположения оси ЛЧ МТ на участках с превышениями требуемой точности;
- уточнение результирующей оси ЛЧ МТ по дополнительным точкам коррекции;
- формирование посекционной модели ЛЧ МТ.

2.4.1 Загрузка траекторий пропусков ВИП

Для загрузки траекторий оси трубопровода по результатам пропусков ВИП выполняют формирование табличных файлов.

Табличные файлы траекторий пропуска ВИП с параметрами трубных секций автоматизированно загружаются в разработанный программный модуль.

Результаты отображаются в графическом виде, а также сохраняются в файле в формате *.csv.

Пример плана и профиля загруженных траекторий пропусков ВИП в разработанный модуль приведен на рисунках 2.5, 2.6.

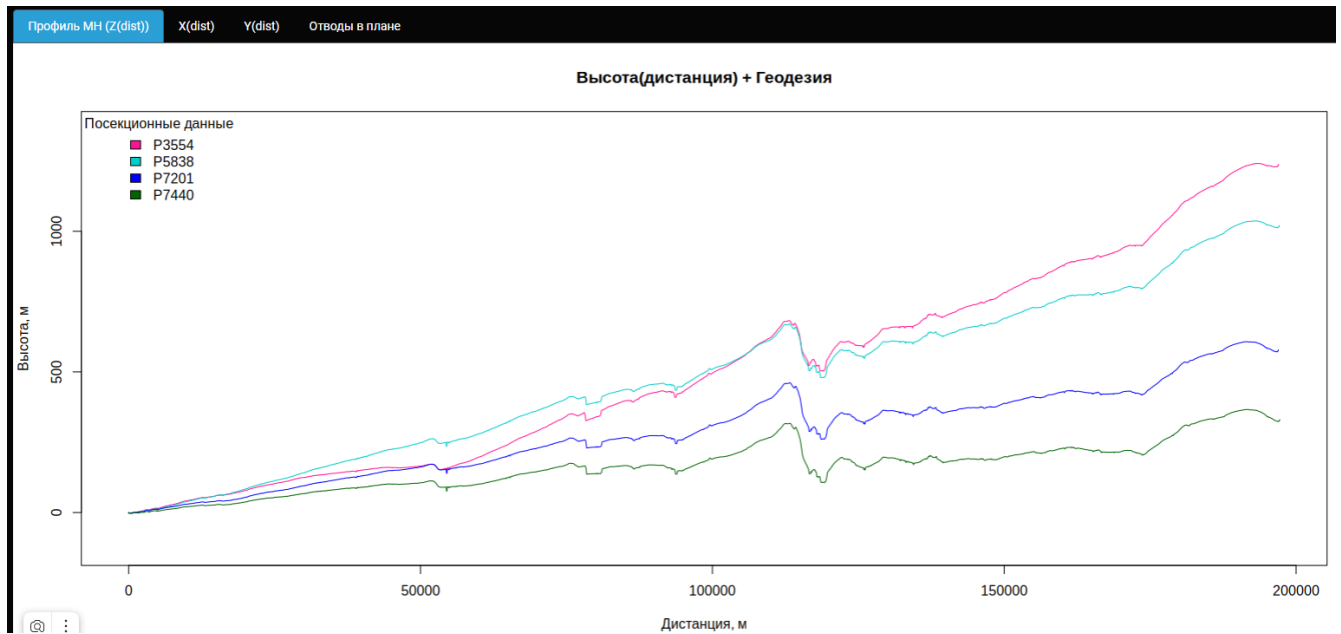


Рисунок 2.5 – Профиль загруженных траекторий пропусков ВИП

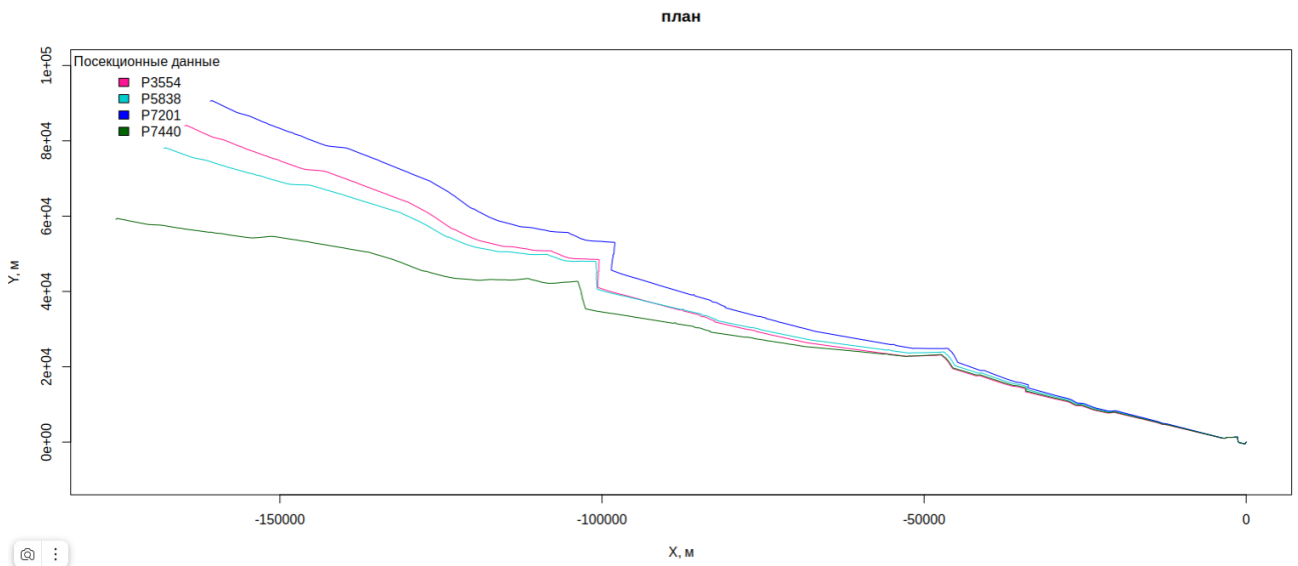


Рисунок 2.6 – План загруженных траекторий пропусков ВИП

Для приведения к фактической дистанции выполняются уравнивания длин секций по одометру с приведением пространственного взаимного ориентирования трубных секций в соответствие с их длинами. По результатам формируются файлы траекторий с пересчитанными параметрами.

Пример результатов приведения к фактической дистанции и уравнивания длин секций приведен на рисунке 2.7.

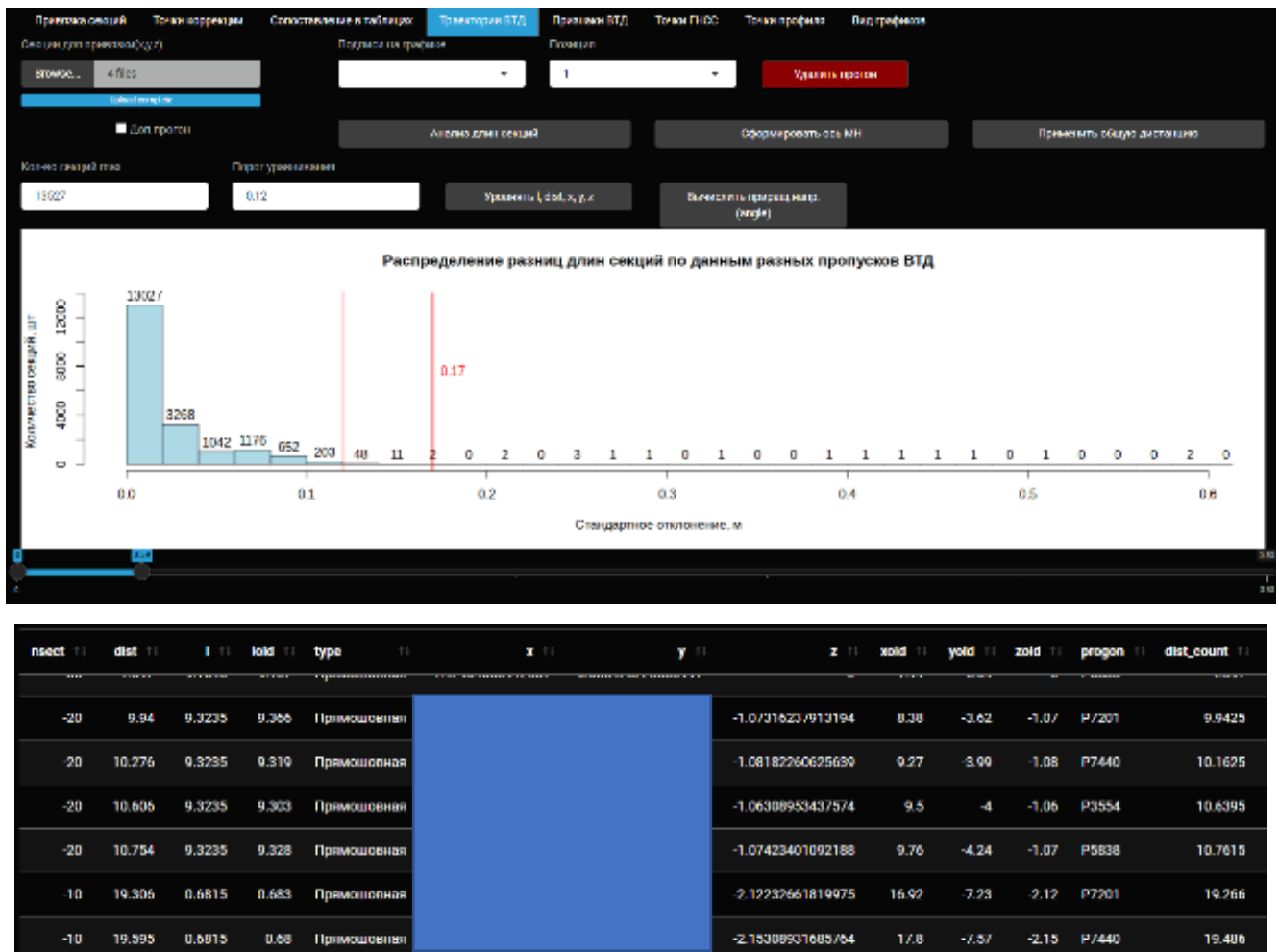


Рисунок 2.7 – Результат уравнивания длин секций

2.4.2 Загрузка первичного перечня точек коррекции

(УЗА, УОВ и прочие элементы трубопровода) из ведомостей координат и высот объектов МТ, продольного профиля поверхности Земли

Загрузка первичного перечня точек коррекции (УЗА, УОВ и прочие элементы трубопровода), отметок продольного профиля поверхности Земли выполняется для формирования первичного перечня точек коррекции и включает:

- подготовку и загрузку табличных файлов координат высот точек коррекции;

- первичное сопоставление загруженных данных с траекториями пропусков ВИП;
- определение дистанции проекции точки на ось трубопровода для ее отображения на профиле.

Координаты и высоты точек коррекции должны быть приведены в требуемую систему координат и высот.

Пример результатов загрузки первичного перечня точек коррекции, отметок профиля поверхности Земли приведен на рисунке 2.8.

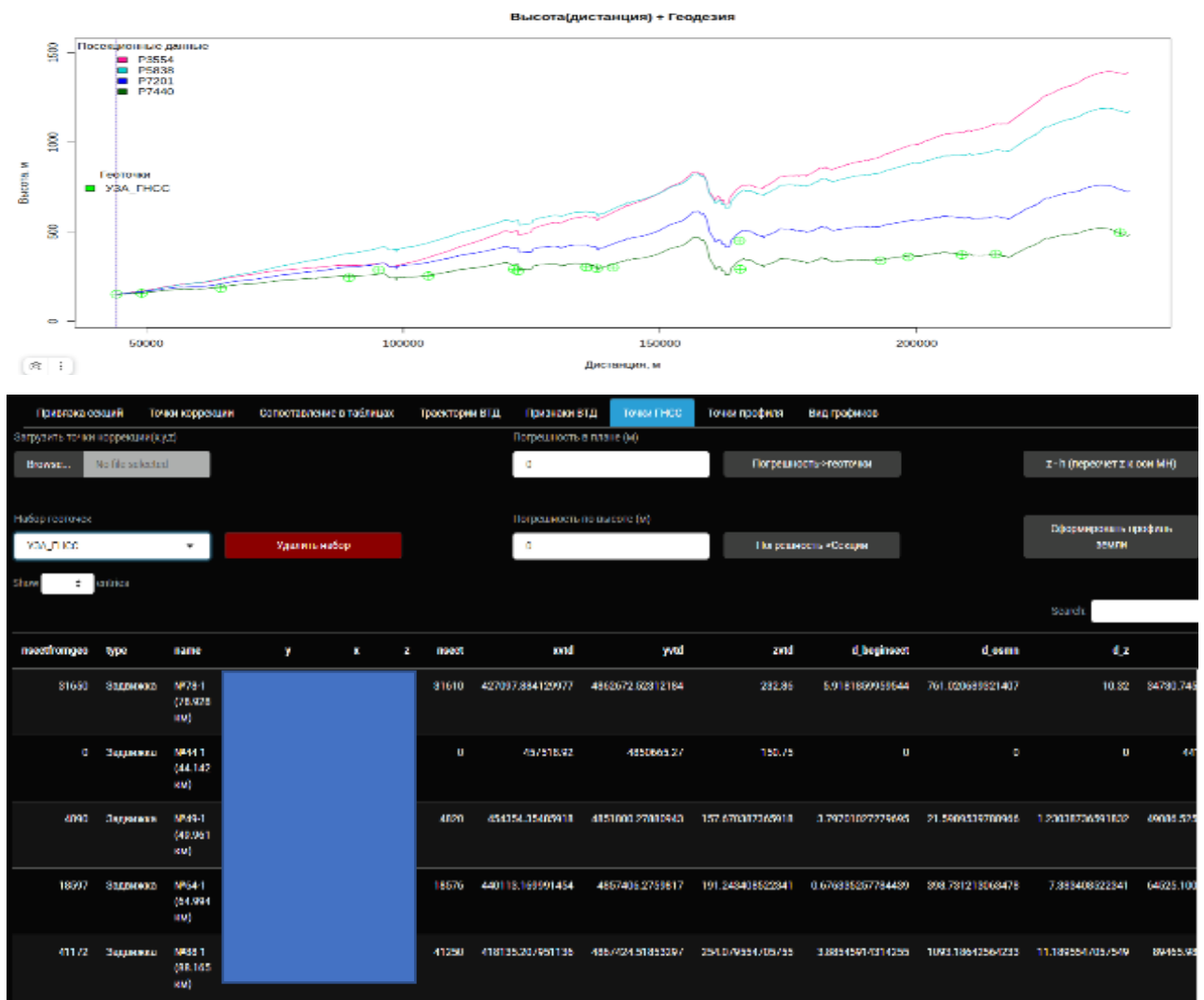


Рисунок 2.8 – Загруженные табличные файлы координат и высот по точкам коррекции в разработанном программном модуле

2.4.3 Верификация точек коррекции

При верификации точек коррекции осуществляется подтверждение их использования в разработанном программном модуле (отметка в реестре точек коррекции). При проведении указанных процедур выполняется: верификация первой точки коррекции (при этом осуществляется перенос каждой траекторий пропуска ВИП в начальную точку); верификация второй и последующих точек коррекции.

В результате формируются первичный перечень точек коррекции и траектории ЛЧ МТ, проходящие через верифицированные точки коррекции (рисунок 2.9).

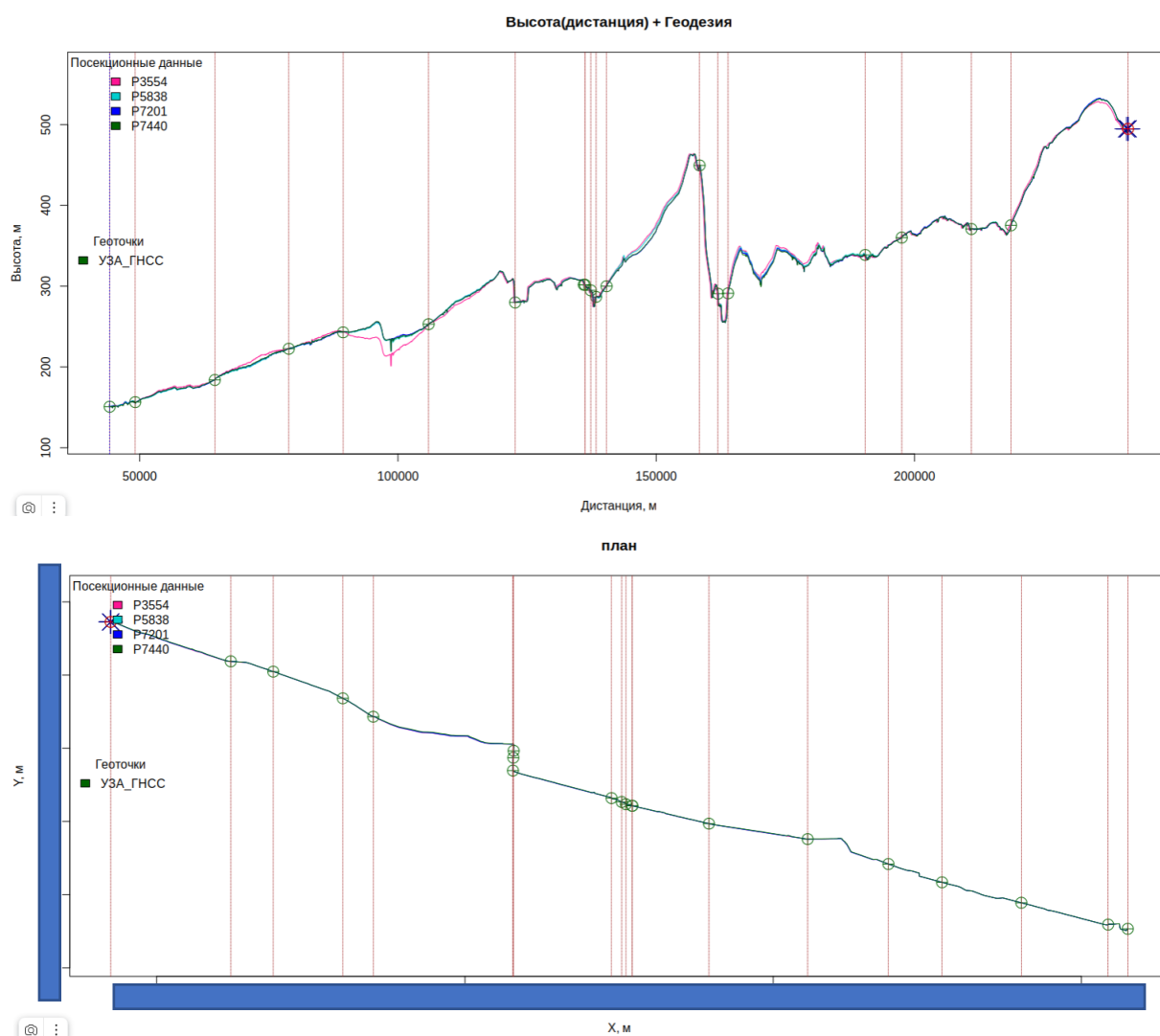


Рисунок 2.9 – Траектории пропуска ВИП, проходящие через верифицированные точки коррекции

2.4.4 Формирование результирующей оси ЛЧ МТ

При формировании результирующей оси ЛЧ МТ выполняется: автоматизированное построение результирующей оси трубопровода по пропускам ВИП; пересчет дистанции результирующей оси трубопровода по координатам и высотам точек коррекции; сопоставление загруженных данных точек коррекции с полученной осью трубопровода; определение дистанции проекций точек коррекции на ось МН для построения профиля трубопровода.

В результате формируется результирующая ось ЛЧ МТ, проходящая через выбранные точки коррекции, с пересчитанной дистанцией (рисунок 2.10).

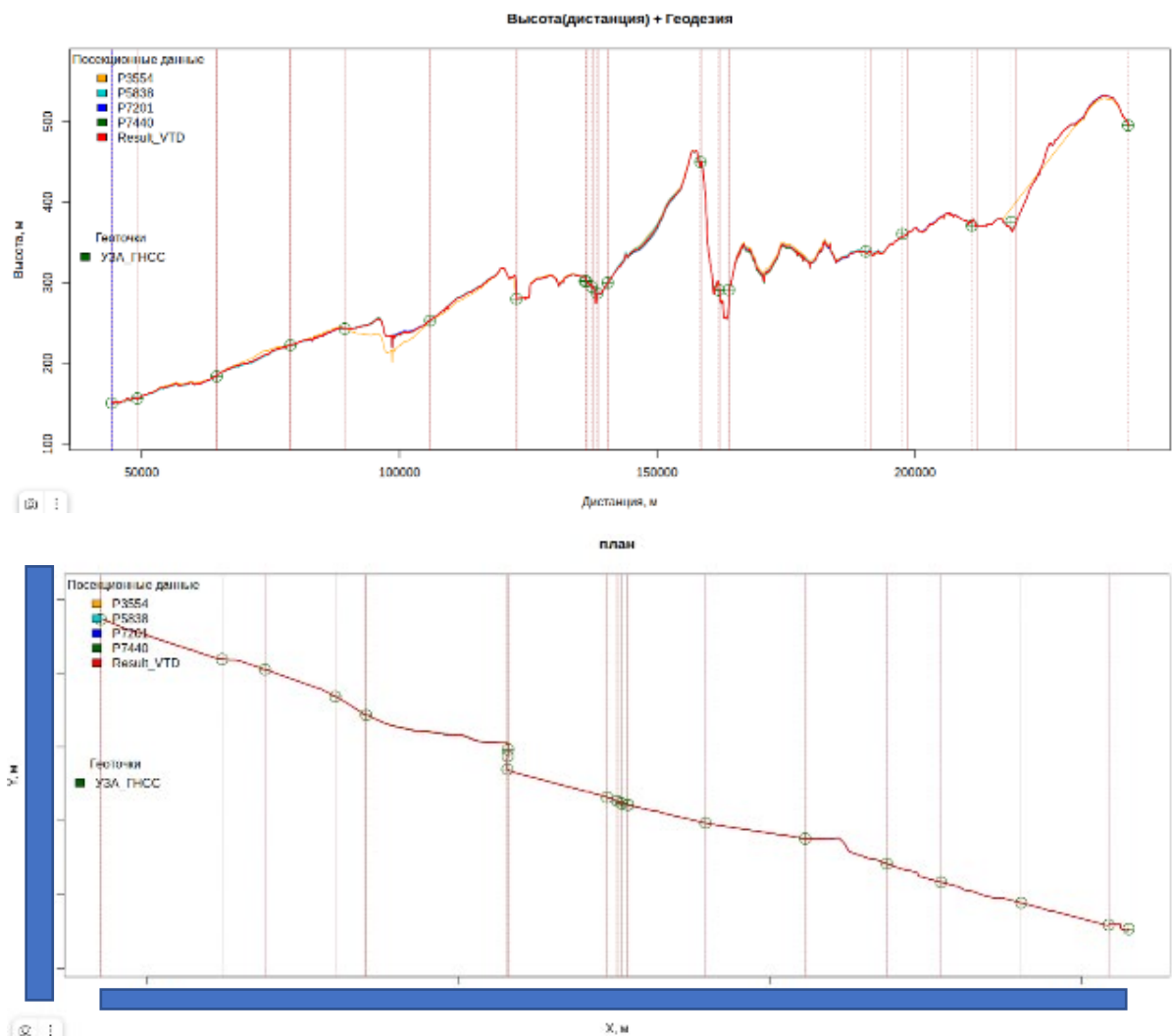


Рисунок 2.10 – Результирующая ось ЛЧ МТ

2.4.5 Оценка и контроль достигнутой точности

пространственного положения оси ЛЧ МТ по данным контрольных точек

Оценка и контроль достигнутой точности пространственного положения оси ЛЧ МТ заключается в определении участков ЛЧ МТ с превышением требуемой точности (определяется в зависимости от категорий земель, решаемых задач).

Для этого выполняются:

- расчет СКП для каждого стыка (каждой трубной секции) трубопровода (выполняется в разработанном программном модуле);
- сравнение расчетного СКП для каждого стыка (каждой трубной секции) трубопровода с нормативным (устанавливается требованиями Приказа Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23.10.2020 № П/0393 Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машиноместа»);
- оценка отклонения расчетного планового и высотного положения от данных контрольных точек (выполняемых, как правило, наземными ГНСС-измерениями) с учетом расчетного СКП.

При расчете СКП для каждого стыка (каждой трубной секции) трубопровода учитываются:

- точности методов получения результатов ВЛС, ВИП;
- точности методов наземных ГНСС-измерений точек коррекций, включая определения положения и глубины заложения трубопроводов подземной прокладки приборами поиска подземных коммуникаций.

При расчете СКП для каждого стыка (каждой трубной секции) трубопровода учитываются СКП точек коррекции (первой и второй точек коррекции), а также СКП ВИП.

В расчете СКП точек коррекции учитывается СКП метода их определения пространственного положения (ВЛС, наземные ГНСС измерения, в том числе с применением трассоискателя).

Формулы расчета СКП точек коррекции:

а) для метода ВЛС:

$$СКП_{(в\ плане)}^{ТК} = \sqrt{СКП_{ВЛС(в\ плане)}^2 + (0,15h)^2}, \quad (2.1)$$

$$СКП_{(по\ высоте)}^{ТК} = \sqrt{СКП_{ВЛС(по\ высоте)}^2 + (0,15h)^2}, \quad (2.2)$$

где h – глубина заложения трубопровода, определяемая трассоискателем (используется при применении трассоискателя);

б) для метода наземных ГНСС измерений:

$$СКП_{(в\ плане)}^{ТК} = \sqrt{СКП_{ГНСС(в\ плане)}^2 + (0,15h)^2}, \quad (2.3)$$

$$СКП_{(по\ высоте)}^{ТК} = \sqrt{СКП_{ГНСС(по\ высоте)}^2 + (0,15h)^2}, \quad (2.4)$$

где h – глубина заложения трубопровода, определяемая трассоискателем (используется при применении трассоискателя).

В расчете СКП трубных секций между точками коррекции учитывается СКП точек коррекции (первой и второй точек коррекции), а также СКП ВИП.

СКП Формулы расчета СКП трубных секций между точками коррекции:

$$СКП_{(в\ плане)}^{ТС} = \sqrt{\left(\frac{СКП_{(в\ плане)}^{ТК1} - СКП_{(в\ плане)}^{ТК2}}{L} l + СКП_{(в\ плане)}^{ТК1}\right)^2 + СКП_{ВИП(в\ плане)}^2}, \quad (2.5)$$

$$СКП_{(по\ высоте)}^{ТС} = \sqrt{\left(\frac{СКП_{(по\ высоте)}^{ТК1} - СКП_{(по\ высоте)}^{ТК2}}{L} l + СКП_{(по\ высоте)}^{ТК1}\right)^2 + СКП_{ВИП(по\ высоте)}^2}, \quad (2.6)$$

где L – расстояние между точками коррекции;

l – расстояние трубной секции от первой по ходу нефти точки коррекции;

$СКП_{ВИП(в\ плане/по\ высоте)}$ – СКП ВИП, рассчитываемого по формулам:

$$СКП_{ВИП(в\ плане)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_{ВИП(в\ плане)} i)^2}{n-1}}, \quad (2.7)$$

$$СКП_{ВИП(по\ высоте)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_{ВИП(по\ высоте)} i)^2}{n-1}}, \quad (2.8)$$

где n – количество прогонов ВИП;

$\Delta_{ВИП(в\ плане/по\ высоте)} i$ – отклонение данных прогона от среднего значения, определяемого по всем прогонам ($ВИП_{(в\ плане/по\ высоте)}^{Среднее}$):

$$ВИП_{(в\ плане)}^{Среднее} = \frac{\sum_{i=1}^n (ВИП_{(в\ плане)} i)}{n}, \quad (2.9)$$

$$ВИП_{(по\ высоте)}^{Среднее} = \frac{\sum_{i=1}^n (ВИП_{(по\ высоте)} i)}{n}, \quad (2.10)$$

где $ВИП_{(в\ плане/по\ высоте)} i$ – значение в плане/по высоте i -го прогона ВИП.

Пример автоматизированного расчета СКП результирующей оси ЛЧ МТ и оценки достигнутой точности по данным контрольных точек приведен на рисунке 2.11.

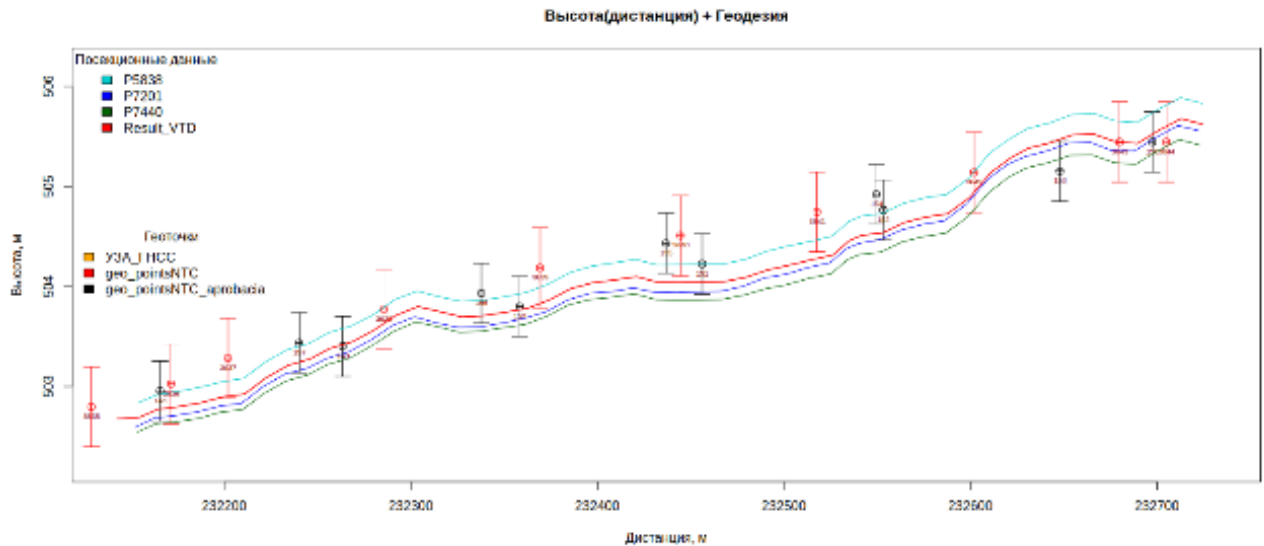


Рисунок 2.11 – Пример автоматизированного расчета СКП результирующей оси ЛЧ МТ и оценки достигнутой точности по данным контрольных точек

Пример автоматизированного расчета СКП и сравнения расчетного СКП трубной секции трубопровода с нормативным значением приведен на рисунке 2.12.

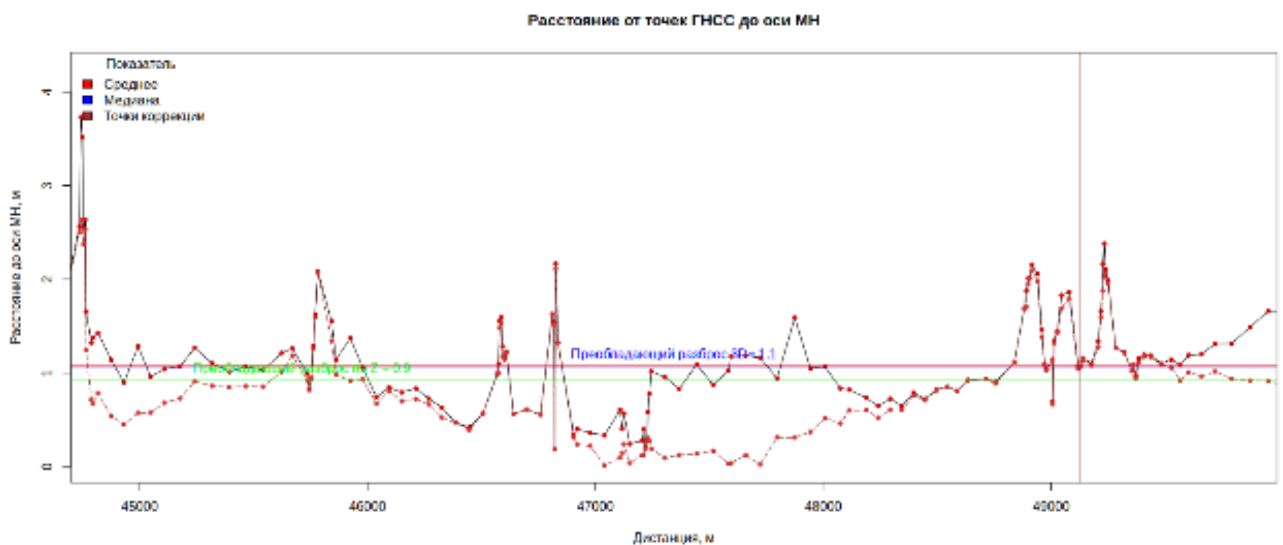


Рисунок 2.12 – Пример автоматизированного расчета СКП и сравнения расчетного СКП трубной секции трубопровода с нормативным значением

2.4.6 Определение и верификация дополнительных точек коррекции для уточнения местоположения оси ЛЧ МТ

По результатам оценки достигнутой точности пространственного положения оси ЛЧ МТ в разработанном программном модуле определяются места для наземных ГНСС-измерений дополнительных точек коррекции на участках ЛЧ МТ (участки с превышениями расчетных СКП нормативных значений и/или данных контрольных точек) (рисунок 2.13).

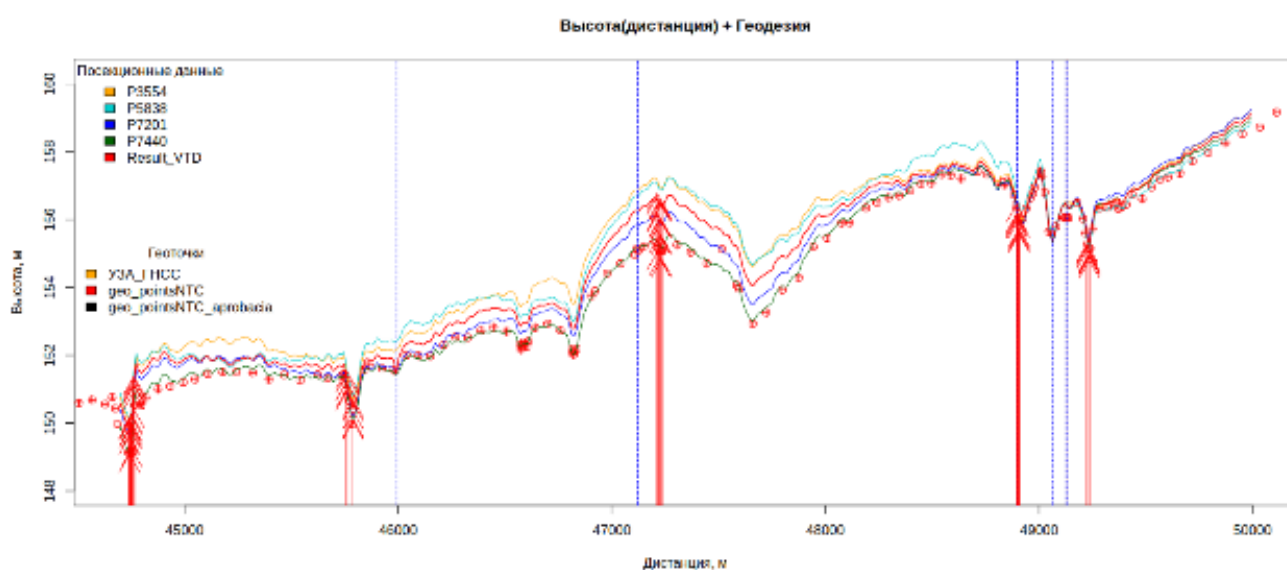


Рисунок 2.13 – Определение мест для наземных ГНСС-измерений дополнительных точек коррекции на участках ЛЧ МТ с превышениями расчетных СКП нормативных значений и/или данных контрольных точек

2.4.7 Уточнение результирующей оси ЛЧ МТ по дополнительным точкам коррекции

По данным определения мест дополнительных точек коррекции на участках ЛЧ МТ с превышениями расчетных СКП установленных значений выполняется анализ результатов ВЛС для оценки наличия и возможности использования данных наземных объектов МТ, при отсутствии указанных данных выполняются наземные

ГНСС измерения элементов ЛЧ МТ и последующая загрузка результатов в программный модуль в соответствии с требованиями 2.3.

Пример загруженных дополнительных точек коррекции для уточнения результирующей оси ЛЧ МТ приведен на рисунке 2.14.

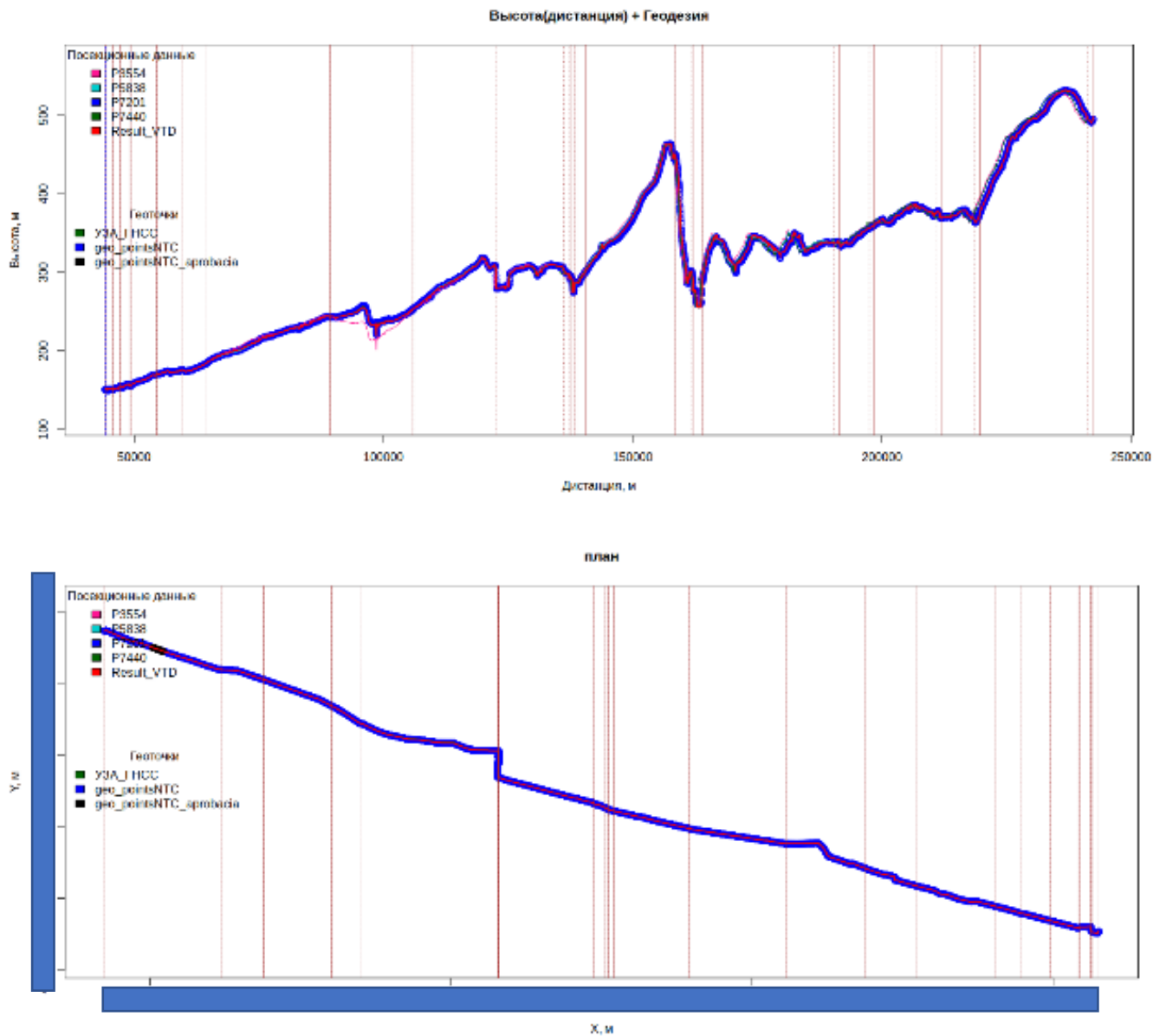


Рисунок 2.14 – Пример загруженных дополнительных точек коррекции для уточнения результирующей оси ЛЧ МТ

Далее выполняется верификация дополнительных точек коррекции с последующим пересчетом результирующей оси трубопровода в соответствии с требованиями 2.4.3.

Пример уточненной результирующей оси трубопровода приведен на рисунке 2.15.

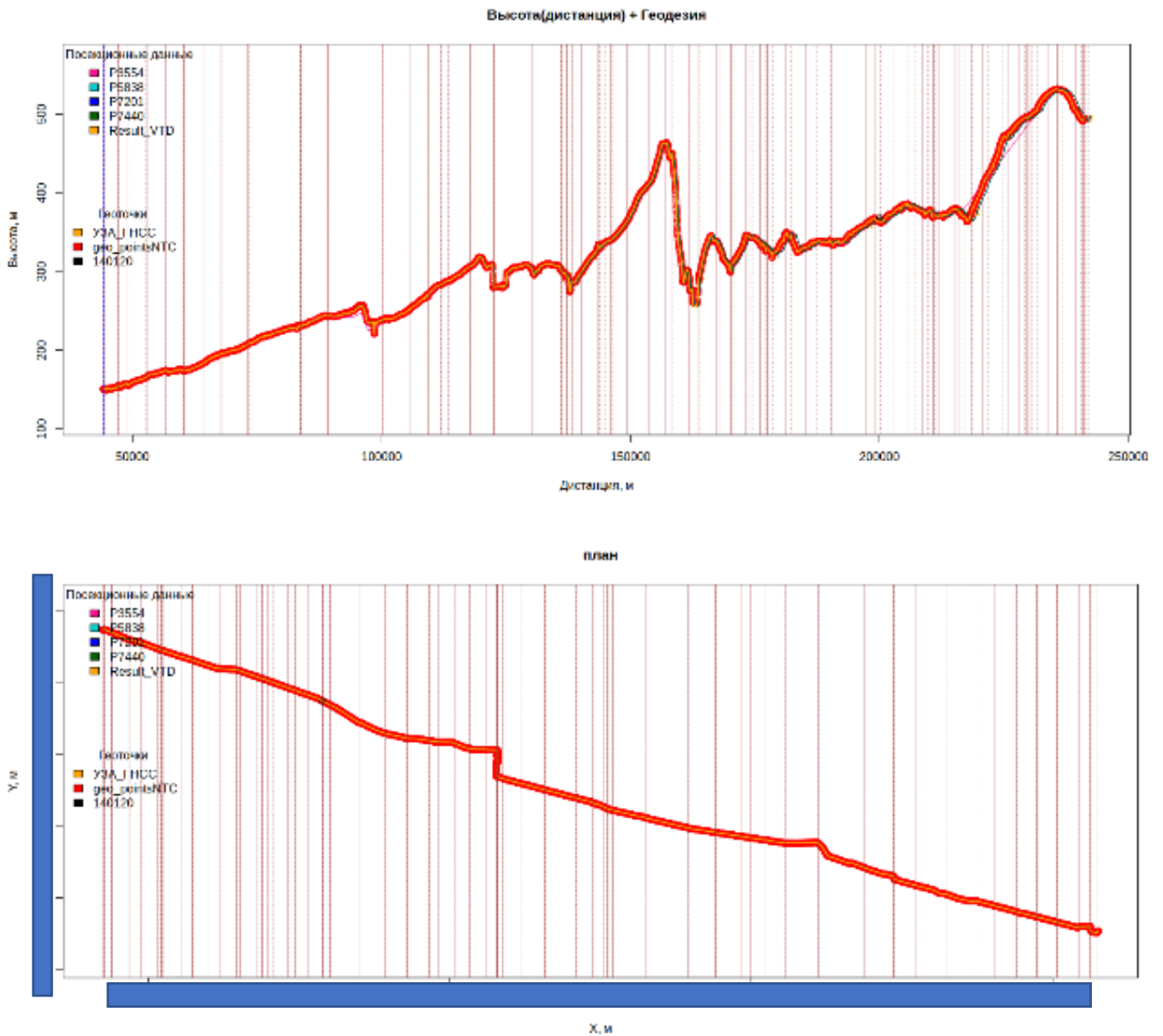


Рисунок 2.15 – Пример уточненной результирующей оси трубопровода

2.4.8 Формирование посекционной ЛЧ МТ

По уточненной результирующей оси выполняется формирование посекционной ЛЧ МТ в виде таблицы и текстового файла с использованием разработанного программного модуля.

2.5 Формирование границ зон с особыми условиями использования территорий

По созданной посекционной ЛЧ МТ выполняется формирование границ зон с особыми условиями использования территорий в соответствии с требованиями Правил охраны магистральных трубопроводов (утв. Минтопэнерго РФ 29.04.1992, Постановлением Госгортехнадзора РФ от 22.04.1992 № 9), СП 36.133330 с использованием программных продуктов автоматизированного проектирования, ГИС. В результате формируется ведомость поворотных точек проектируемых границ, графические материалы.

В соответствии со ст. 105 ЗК РФ к зонам с особыми условиями использования территорий для МТ относятся охранные зоны и зоны минимальных расстояний.

Размеры охранных зон МТ и их объектов определяются Правилами охраны магистральных трубопроводов (утв. Минтопэнерго РФ 29.04.1992, Постановлением Госгортехнадзора РФ от 22.04.1992 № 9) и составляют:

- для ЛЧ МТ – контур участка земли, ограниченного условными линиями, проходящими в 25 м от оси трубопровода с каждой стороны;
- для подводных переходов – контур участка земли/водного пространства, ограниченного условными линиями, проходящими от осей крайних ниток переходов в 100 м с каждой стороны;
- для насосных станций и других площадочных объектов – контур участка земли, ограниченного замкнутой линией, проходящей от границ территорий площадочного объекта в 100 м во все стороны.

Необходимо отметить, что изменение размеров охранных зон не допускается. Охранные зоны устанавливаются сразу после ввода МТ в эксплуатацию. Основанием является нормативно-правовой акт. При этом прекращение режима охранных

зон происходит после исключения сведений о ней из ЕГРН. Основанием является акт вывода объекта из эксплуатации и проведение ликвидации объекта.

Эксплуатирующая организация обеспечивает формирование и передачу для внесения и публикацию в ИС сведений о границах охранных зон.

Отдельно стоит отметить границы зон минимальных расстояний, которые призваны обеспечить необходимый уровень защиты объектов природно-хозяйственной территориальной системы от негативных воздействий при эксплуатации МТ.

Значения минимальных расстояний определяются требованиями таблиц 4, 5 СП 36.13330.2012 Магистральные трубопроводы.

Сведения о границах зон минимальных расстояний также подлежат формированию и передаче для внесения и публикации в ИС эксплуатирующей организацией в составе ЗОУИТ на основании ст. 106 ЗК РФ.

Эксплуатирующие организации обеспечивают предоставление сведений о ЗОУИТ в Минэнерго России. Министерство, после проведения процедур верификации и утверждения предоставленных сведений, организует их передачу в Росреестр для внесения и публикации в ИС.

2.6 Получение сведений о границах земельных участков из ЕГРН

Для установления границ и площадей влияния ЛЧ МТ на земли и земельные участки, для которых применяется методика комплексного мониторинга земель, используются сформированные границы зон с особыми условиями использования территорий, определяемые в порядке, описанном в 2.5, а также сведения о границах земельных участков по данным из ЕГРН.

Сведения, содержащиеся в ЕГРН, предоставляются в форме электронного документа.

2.7 Установление границ и площади зоны влияния ЛЧ МТ на земли и земельные участки

Полученные данные о границах земельных участков совместно обрабатываются с данными границ зон с особыми условиями использования территорий, сведений эксплуатационной документации, ЦМР в программных продуктах автоматизированного проектирования, ГИС.

По наиболее удаленным точкам границ формируется контур зоны влияния ЛЧ МТ на земли и земельные участки (земельные участки, расположенные внутри контура).

При формировании границ и площадей земель и земельных участков для объектов МТ также необходимо руководствоваться требованиями ГОСТ Р 71416, который содержит правила определения границ и площади отвода земель на стадиях жизненного цикла объекта МТ.

Указанные земли и земельные участки условно классифицируются как земли и земельные участки, занятые МТ, для которых выполняются мероприятия, предусматривающие использование результатов мониторинга ЛЧ МТ (обследования и оценка текущего и прогнозного состояний) при реализации мониторинга земель.

2.8 Оценка технического состояния ЛЧ МТ

По результатам формирования посекционной ЛЧ МТ ежегодно проводятся мероприятия по оценке технического состояния объекта, предусматривающие:

а) контроль ПВП ЛЧ МТ и глубины заложения трубопровода и сооружений МТ – не менее 1 раза в год на пахотных землях и не менее 1 раза в 5 лет для прочих (Приказ Ростехнадзора от 02.08.2018 № 330) в разработанном программном модуле. При контроле ПВП ЛЧ МТ координаты и высоты трубных секций сравнивают с проектными значениями, для оценки динамики изменений ПВП выполняется сравнение с нулевым и предыдущим циклом с составлением ведомостей участков ЛЧ МТ с перемещениями для последующего анализа и разработки компенсирующих меро-

приятый. При контроле глубины заложения трубопровода выполняется оценка соответствия его расчетной глубины заложения данным проектной или эксплуатационной документации с составлением посекационной ведомости несоответствий;

б) наблюдения за движениями земной поверхности и опасными/экзогенными/эндогенными геологическими процессами – в соответствии с программой наблюдений, но не менее 2 раз в год (СП 11-104-97) с применением специализированного программного модуля автоматизированного анализа параметров сложных геологических условий расположения объектов МТ и их динамики по данным ВЛС, ГИС. По данным ВЛС выполняется дешифрирование и оконтуривание экзогенных/опасных геологических процессов, проводится оценка их влияния на МТ по расположению относительно оси, объектов инфраструктуры. Для оценки динамики развития процессов выполняется сравнение данных цифровой модели рельефа с нулевым и предыдущим циклом обследований;

в) геотехнический мониторинг – в период эксплуатации на основании программ мониторинга, не менее 2 раз в год для участков на многолетних мерзлых грунтах и не менее 1 раза в год для прочих эксплуатируемых в сложных природно-климатических условиях (СП 126.13330.2017, СП 22.13330.2016, СП 25.13330.2020) с применением разработанного программного модуля (для оценки динамики изменения пространственного положения ЛЧ МТ, расчета текущего напряженно-деформированного состояния трубопровода) По итогам оценки пространственного положения и его динамики выполняют сравнение с расчетными перемещениями ЛЧ МТ с составлением ведомости участков с перемещениями, при их превышении выполняется разработка компенсирующих мероприятий.

Данные оценки технического состояния ЛЧ МТ используются при прогнозировании его технического состояния и разработке компенсирующих мероприятий.

Также полученные данные о фактическом пространственном положении ЛЧ МТ, наличии опасных геологических процессов используются при оценке использования и состояния земель (при реализации оперативных мероприятий), разработке компенсирующих мероприятий.

2.9 Прогнозирование технического состояния ЛЧ МТ, разработка компенсирующих мероприятий

С применением специализированных методик и программных комплексов, учитывающих осложняющие факторы, такие как наличие многолетних мерзлых грунтов, обводнений территорий, выполняется прогнозирование состояния ЛЧ МТ. В рамках работ рассчитывается изменение пространственного положения трубопровода на весь период эксплуатации, оценивается его напряженно-деформированное состояние, по которому в свою очередь выполняется расчет предельных сроков эксплуатации участков трубопровода.

На основании полученных расчетов разрабатываются компенсирующие мероприятия, которые классифицируются как:

- оперативные (для участков ЛЧ МТ с предельными сроками эксплуатации менее 6 лет), направленные на выполнение превентивных технических решений по стабилизации и приведению к проектным значениям характеристик объекта;
- плановые (для участков ЛЧ МТ с предельными сроками более 6 лет (до получения данных следующего цикла ВТД), в рамках которых разрабатывается программа наблюдений, технические решения по стабилизации/восстановлению технического состояния объекта.

Данные прогнозных расчетов пространственного положения ЛЧ МТ, технических решений по приведению к нормативным значениям используются при прогнозировании состояния земель и выработки компенсирующих мероприятий.

2.10 Оценка использования и состояния земель

Оценка использования и состояния земель проводится в целях установления текущего состояния и выявления динамики изменения площадей земель, подверженных воздействию природных и техногенных процессов при эксплуатации МТ.

В рамках работ выполняются:

1 Сбор фондовых материалов о состоянии и использовании земель, развитии природных и техногенных процессов, картографических материалов и иной информации (при наличии).

2 Анализ картографического материала, фондовых данных, сведений ЕГРН, данных за последние три года из форм федерального государственного статистического наблюдения.

3 Получение картографической основы, необходимой для составления тематических карт, в федеральном фонде пространственных данных и государственном фонде данных.

4 Получение из информационных систем сведений о границах ЗОУИТ.

5 Получение у эксплуатирующей организации/органа исполнительной власти (в рамках межведомственного взаимодействия) информации о результатах мониторинга ЛЧ МТ (данные контроля ПВП ЛЧ МТ и глубины заложения трубопровода и сооружений МТ, наблюдений за движениями земной поверхности и опасными геологическими процессами, а также результаты оценки технического состояния объекта).

6 Выявление земельных участков, содержащих признаки нарушений земельного законодательства на основе полученных данных.

7 Составление перечней земельных участков, содержащих признаки нарушений земельного законодательства.

8 Разработка карт, содержащих сведения о земельных участках, содержащих признаки нарушений земельного законодательства.

9 Выявление земель, подверженных воздействию природных и техногенных процессов на рассматриваемых территориях, на основании результатов мониторинга ЛЧ МТ.

10 Определение динамики изменения площадей земель и земельных угодий.

11 Разработка карт состояния земель и динамики развития негативных процессов, таблиц состояния и динамики земель и земельных угодий, распределения земельных участков по видам разрешенного использования.

12 Формирование информационных отчетов/аналитических записок о состоянии и использовании земель на территориях, занятых МТ.

Наличие ежегодных, постоянно обновляемых результатов мониторинга в информационных системах обеспечивает проведение ежегодного мониторинга земель.

Периодичность проведения мониторинга регламентирована требованиями нормативных документов (Приказ Минсельхоза России от 24.12.2015 № 664 для сельскохозяйственных земель, Приказа Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 22.07.2021 № П/0315 для прочих земель):

- базовые – однократно;
- периодические - на сельскохозяйственных землях не реже 1 раза в 5 лет и на прочих не более 1 раза в 3 года;
- оперативные – ежегодно (в период вегетации культур для сельскохозяйственных земель).

2.11 Прогнозирование состояния земель, разработка компенсирующих мероприятий

Прогнозирование состояния земель, занятых МТ, выполняется с применением результатов мониторинга ЛЧ МТ, включающего данные динамики развития природных и техногенных процессов, изменения пространственного положения объекта из-за особенностей грунтов основания и/или планируемых ремонтных работ в рамках компенсирующих мероприятий.

Прогнозирование состояния земель, как правило, выполняется с применением специализированных методик.

На основании прогнозирования разрабатываются компенсирующие мероприятия по рациональному использованию земельных ресурсов.

В рамках работ выполняются:

- 1 Сбор ретроспективных данных, данных о текущем и прогнозном состояниях земель и объектов МТ.
- 2 Разработка прогнозных сценариев.
- 3 Выбор/создание прогнозных моделей.
- 4 Калибровка прогнозных моделей по ретроспективным и фактическим данным.

5 Получение результатов о состоянии земель в процессе эксплуатации объектов МТ.

6 Разработка карт перспективного состояния земель и динамики развития негативных процессов.

7 Разработка компенсирующих мероприятий.

8 Формирование/уточнение информационных отчетов/аналитических записок о состоянии и использовании земель на территориях, занятых МТ.

2.12 Публикация результатов в информационных системах

По результатам мониторинга земель, занятых МТ, формируются материалы, содержащие:

– перечни земельных участков, содержащих признаки нарушений земельного законодательства;

– картографический материал, отображающий сведения о земельных участках, содержащих признаки нарушений земельного законодательства;

– местоположения земель, подверженных воздействию негативных процессов на территории расположения ЛЧ МТ, динамики площадей развития негативных процессов, а также динамики изменения площадей земель и земельных угодий;

– картографический материал состояния земель и карт динамики развития негативных процессов, таблиц состояния и динамики земель и земельных угодий, распределения земельных участков по категориям и видам разрешенного использования;

– аналитические записки о состоянии и использовании земель, занятых МТ, предложения в компенсирующие мероприятия с учетом прогнозных оценок.

Данные, полученные в ходе проведения государственного мониторинга земель, используются при подготовке Росреестром ежегодного государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель в Российской Федерации.

Материалы государственного мониторинга земель хранятся в государственном фонде данных.

Информация о результатах осуществления государственного мониторинга земель (за исключением сельскохозяйственных земель) публикуется в федеральной государственной информационной системе состояния окружающей среды.

Информация о результатах мониторинга сельскохозяйственных земель публикуется в Единой федеральной информационной системе о землях сельскохозяйственного назначения.

Результаты мониторинга ЛЧ МТ вносятся в корпоративные информационные системы и являются исходными данными для оформления заключений о техническом состоянии МТ.

3 АЛГОРИТМ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Алгоритм комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС), разработан для решения задач методики комплексного мониторинга земель, занятых МТ, обеспечивает повышение точности определения местоположения наземных и подземных объектов МТ и их инфраструктуры в единой установленной системе координат.

Алгоритм состоит из следующих процедур:

- подготовки данных ВЛС;
- подготовки данных по результатам наземных ГНСС-измерений элементов и/или объектов ЛЧ МТ;
- подготовки данных ВТД;
- обработки точек лазерного отражения с выводом ведомости координат и высот объектов МТ;
- обработки цифровой модели рельефа (ЦМР) с выводом продольного профиля поверхности Земли;
- создания первичного перечня точек коррекции;
- обработки точек коррекции, траекторий ВИП и расчета оси ЛЧ МТ;
- оценки расчетной результирующей оси ЛЧ МТ;
- корректировки результирующей оси ЛЧ МТ;
- анализа, вывода результатов.

Обобщенная блок-схема алгоритма комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС), представлена на рисунке 3.1.

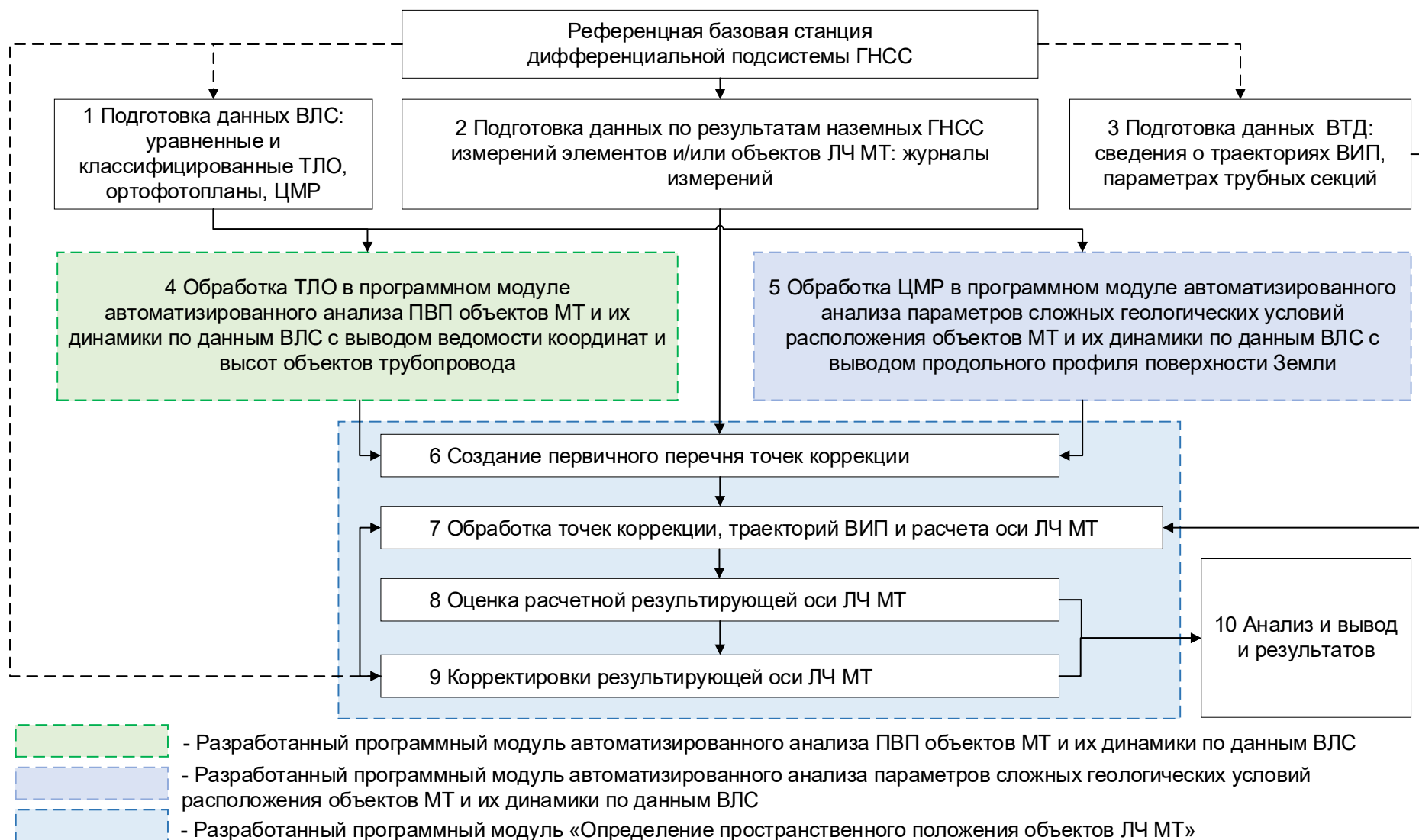


Рисунок 3.1 – Обобщенная блок-схема алгоритма комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС)

Блок-схема комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС), разработанная для мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ, приведена на рисунке 3.2.

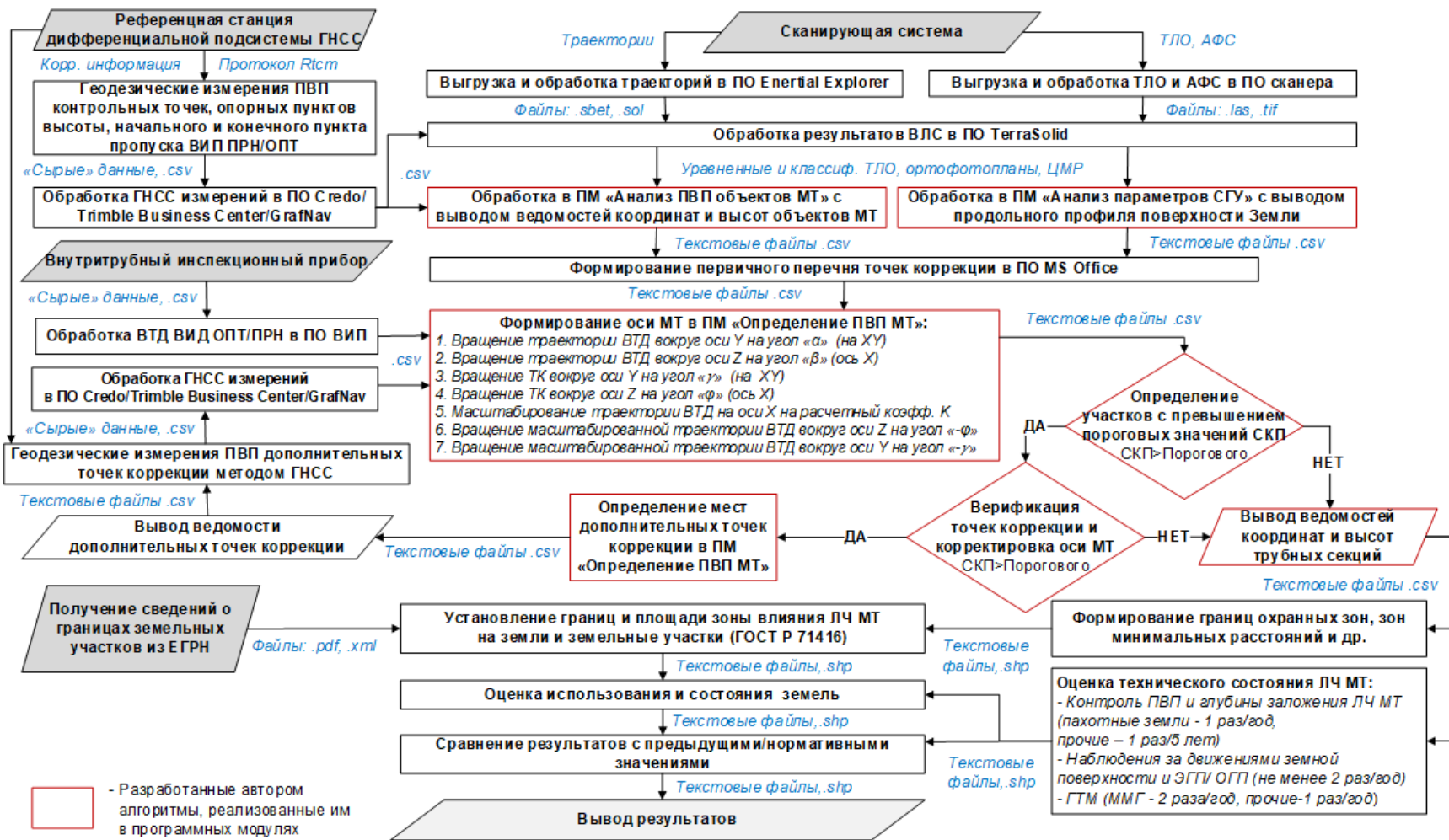


Рисунок 3.2 – Блок-схема комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС), разработанная для мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ

3.1 Подготовка данных ВЛС

По результатам ВЛС формируются единое (уровненное) облако точек ТЛО, ортофотоплан и ЦМР, используемые для определения планово-высотного положения наземных объектов МТ.

Алгоритм подготовки данных ВЛС включает:

- выгрузку и обработку траекторий полетов;
- выгрузку и обработку данных ВЛС и ЦАФС;
- уравнивание и классификацию ТЛО;
- создание ЦМР;
- оценку точности ЦМР и результирующего облака ТЛО.

Данные формируются из массива, скачиваемого из аэрофотосъемочного оборудования (сканирующей системы), при этом используется программное обеспечение сканирующей системы для выгрузки и предварительной обработки ТЛО и АФС, а также программное обеспечение Enertial Explorer для выгрузки и обработки траекторий полетов.

Уравнивание и классификация ТЛО, создание ЦМР выполняются в программном обеспечении типа TerraSolid с формированием следующих типов файлов: *.las для облаков ТЛО; *.geotif для ЦМР и ортофотопланов. Система координат WGS 84 (проекция UTM), Балтийская система высот 1977 г.

При обработке ТЛО, цифровых АФС и формировании ЦМР используются результаты ГНСС-измерений, предварительно обработанных в специализированном программном обеспечении (таких как, Credo, Trimble Business Center, GrafNaf).

Полученные файлы с ТЛО и ЦМР (формата *.las и *. geotif соответственно) являются исходными данными для формирования ведомостей координат и высот объектов трубопровода, продольного профиля поверхности Земли.

Блок-схема алгоритма подготовки данных ВЛС представлена на рисунке 3.3.

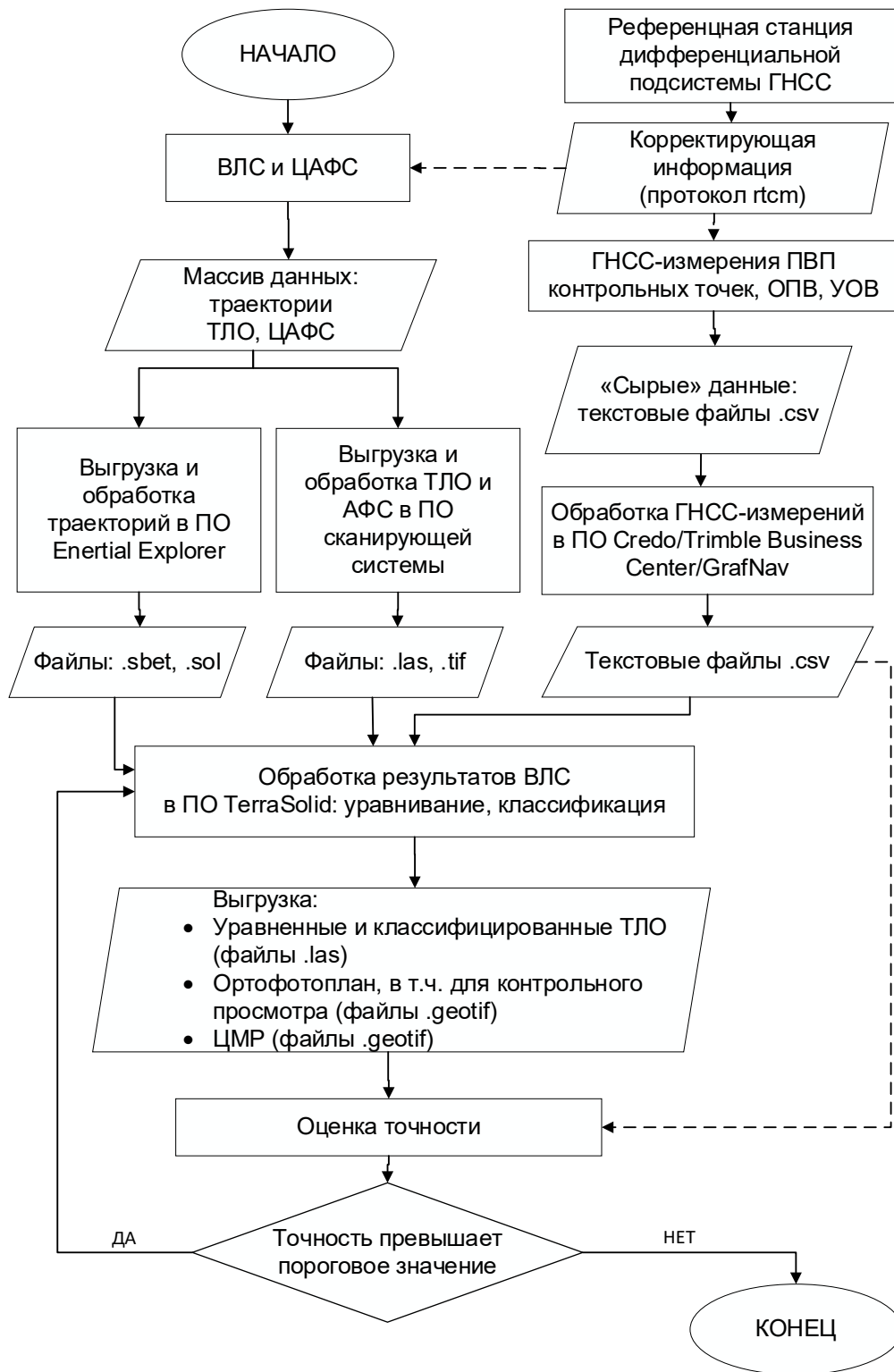


Рисунок 3.3 – Блок-схема алгоритма подготовки данных ВЛС

3.2 Подготовка данных по результатам наземных ГНСС-измерений элементов и/или объектов ЛЧ МТ

Для получения данных по результатам наземных ГНСС-измерений элементов и/или объектов ЛЧ МТ, используемых в качестве точек коррекции, алгоритмом предусматривается:

- проведение наземных ГНСС-измерений от РС дифференциальной подсистемы ГНСС;
- обработка наземных ГНСС-измерений;
- оформление результатов (ведомости измерений).

При наземных ГНСС-измерениях выполняется прием корректирующей информации по протоколам rtsm от РС дифференциальной подсистемы ГНСС и последующая их обработка в программном обеспечении для ГНСС-измерений, таких как Credo, Trimble Business Center, GrafNaf.

В результате обработки формируются ведомости измерений в виде текстовых файлов типа *.csv, используемые для формирования первичного перечня точек коррекции.

Блок-схема алгоритма подготовки данных по результатам наземных ГНСС-измерений элементов и/или объектов ЛЧ МТ представлена на рисунке 3.4.

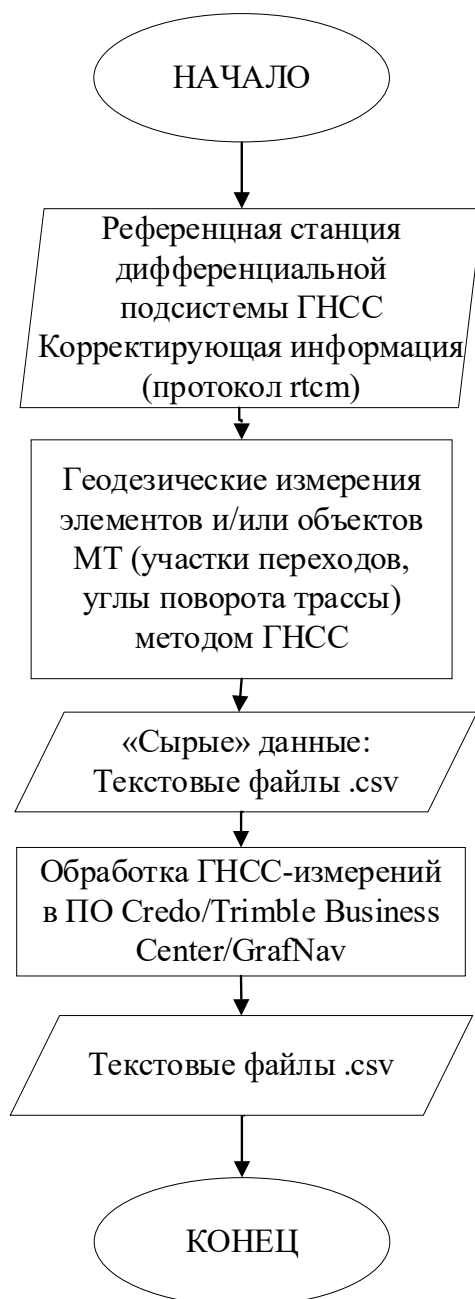


Рисунок 3.4 – Блок-схема алгоритма подготовки данных по результатам наземных ГНСС-измерений элементов и/или объектов ЛЧ МТ

3.3 Подготовка данных внутритрубной диагностики

Для получения сведений о траекториях ВИП, а также о параметрах трубных секций, алгоритмом предусматривается:

- проведение наземных ГНСС-измерений начальной точки запуска ВИП от РС дифференциальной подсистемы ГНСС (при наличии технической возможности);
- обработка наземных ГНСС-измерений;
- проведение диагностических работ пропуском ВИП с выгрузкой данных из прибора;
- комплексная обработка ВТД с выгрузкой траекторий и параметров трубных секций.

При наземных ГНСС-измерениях выполняется прием корректирующей информации по протоколам rtsm от РС дифференциальной подсистемы ГНСС и последующая их обработка в программном обеспечении для ГНСС измерений, таких как Credo, Trimble Business Center, GrafNaf.

В результате комплексной обработки выгруженных результатов пропусков и наземных ГНСС-измерений в специализированном программном обеспечении ВИП формируются сведения о траекториях ВИП, параметрах трубных секций в форматах текстового файла *.csv.

Полученные файлы используются в качестве исходных данных при формировании результирующей оси ЛЧ МТ в разработанном программном модуле «Определение пространственного положения ЛЧ МТ» (реализован на языке R).

Блок-схема алгоритма подготовки данных ВТД представлена на рисунке 3.5.

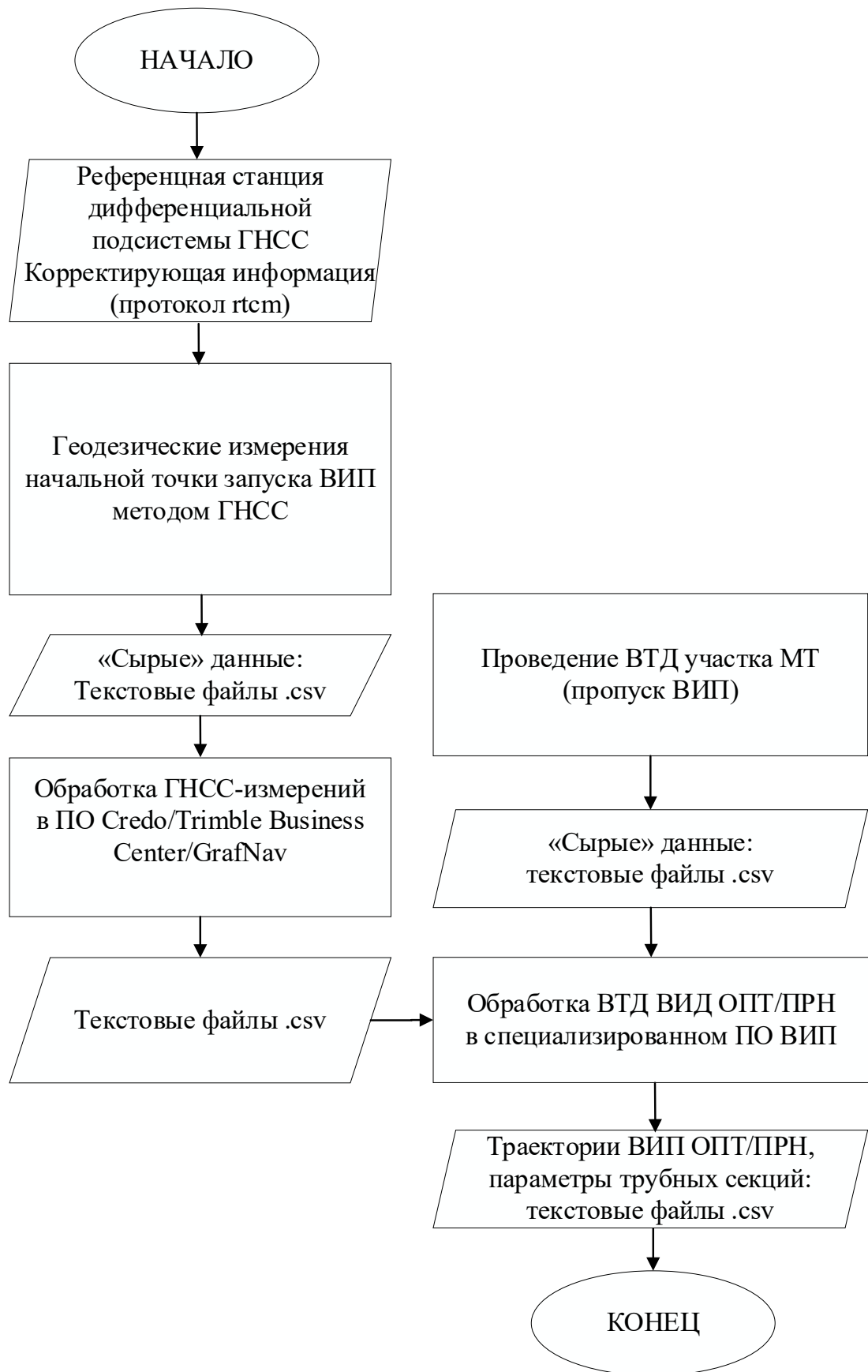


Рисунок 3.5 – Блок-схема алгоритма подготовки данных ВТД

3.4 Обработка точек лазерного отражения с выводом ведомости координат и высот объектов МТ

Для подготовки ведомости координат и высот объектов трубопровода алгоритмом предусматривается:

- загрузка ТЛО и АФС;
- буферизация ТЛО по реестру объектов МТ, верифицированному по АФС;
- расчет ПВП объектов МТ по массиву ТЛО с выгрузкой ведомости координат и высот объектов МТ.

Для обработки файлов с ТЛО и АФС в форматах: *.las, *.geotif используется специализированный программный модуль автоматизированного анализа ПВП объектов МТ и их динамики по данным ВЛС (реализован на языке R).

В результате обработки формируются и выводятся ведомости координат и высот наземных объектов МТ в форматах текстового файла *.csv.

Полученные файлы используются для формирования первичного перечня точек коррекции.

Блок-схема алгоритма обработки ТЛО с выводом ведомости координат и высот объектов МТ представлена на рисунке 3.6.

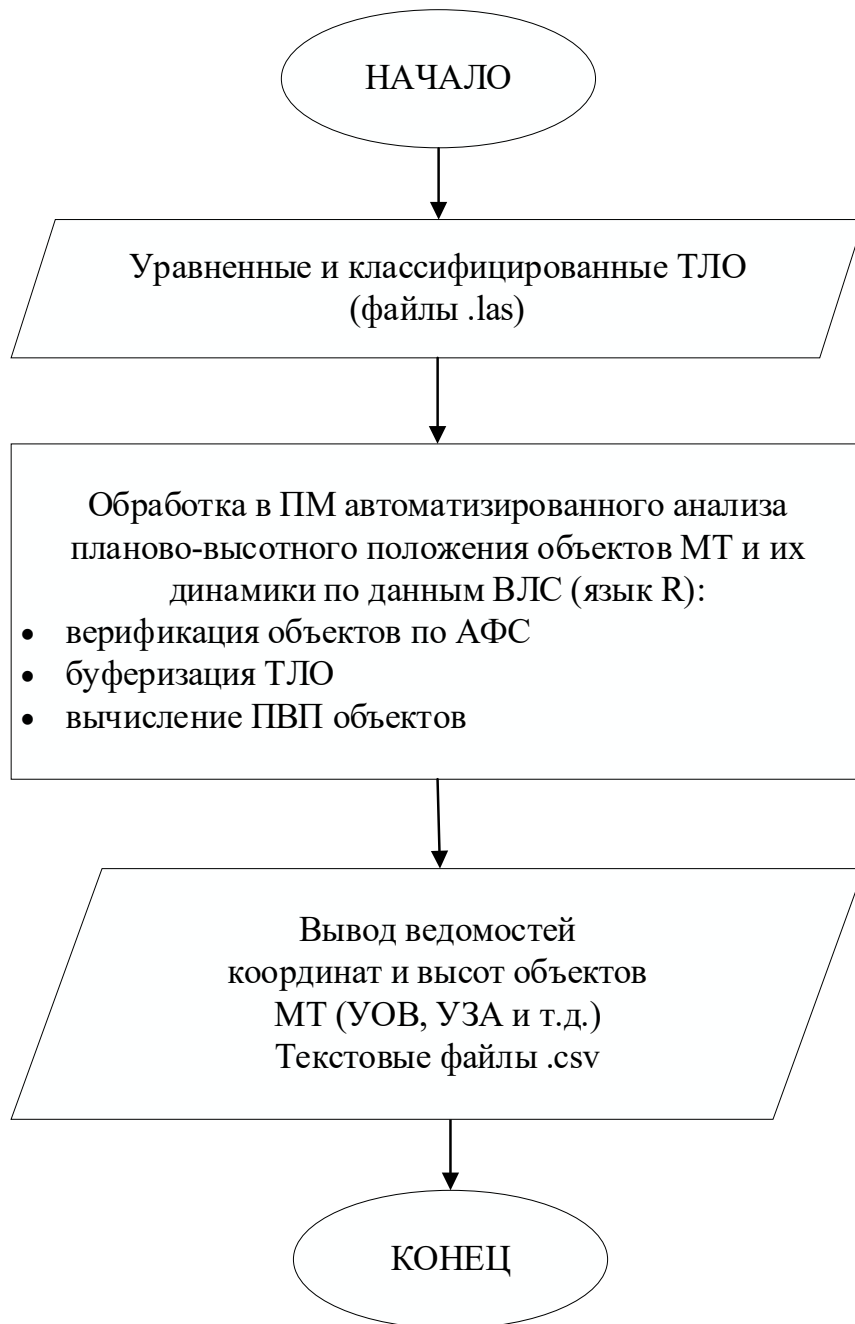


Рисунок 3.6 – Блок-схема алгоритма обработки ТЛО с выводом ведомости координат и высот объектов МТ

3.5 Обработка цифровой модели рельефа с выводом продольного профиля поверхности Земли

В качестве исходных данных при построении продольного профиля рельефа используется ЦМР. Данная задача достаточно хорошо проработана другими авторами и представлена в работе [55].

Для подготовки данных продольного профиля поверхности Земли над трубопроводом алгоритмом предусматривается:

- загрузка ЦМР;
- выполнение построений продольного профиля Земли с выгрузкой данных.

Для обработки файлов с ЦМР в формате *.geotif используется специализированный программный модуль автоматизированного анализа параметров сложных геологических условий расположения объектов МТ и их динамики по данным ВЛС (реализовано на языке R).

В результате обработки формируется текстовый файл *.csv.

Полученные файлы используются при вычислениях глубины заложения трубопровода.

Блок-схема алгоритма обработки ЦМР с выводом продольного профиля поверхности Земли представлена на рисунке 3.7.



Рисунок 3.7 – Блок-схема алгоритма обработки ЦМР с выводом продольного профиля поверхности Земли

3.6 Создание первичного перечня точек коррекции

При создании первичного перечня точек коррекции алгоритмом предусматривается:

- получение и обработка ведомостей координат и высот объектов МТ, полученных по результатам ВЛС;
- получение и обработка ведомостей измерений элементов и/или объектов ЛЧ МТ по результатам наземных ГНСС-измерений;
- формирование сводного перечня точек коррекции.

Указанные операции могут выполняться стандартными текстовыми редакторами с формированием текстового файла *.csv.

Полученные файлы используются для последующего расчета оси ЛЧ МТ в разработанном программном модуле «Определение пространственного положения ЛЧ МТ» (реализован на языке R).

Блок-схема алгоритма создания первичного перечня точек коррекции представлена на рисунке 3.8.



Рисунок 3.8 – Блок-схема алгоритма создания первичного перечня точек коррекции

3.7 Обработка точек коррекции, траекторий ВИП и расчета оси ЛЧ МТ

В алгоритме обработки точек коррекции, траекторий ВИП и расчета оси ЛЧ МТ реализуется решение пространственной задачи преобразованием траектории ВИП по координатам и высотам точек коррекции и вычисляемому масштабному коэффициенту с предварительным переходом в приведенную систему координат (система координат с началом отчета в точке коррекции: X, Y, Z), используя матрицы преобразования и поворота на вычисляемые углы.

Преобразования траекторий ВТД представлены на рисунках 3.9–3.17.

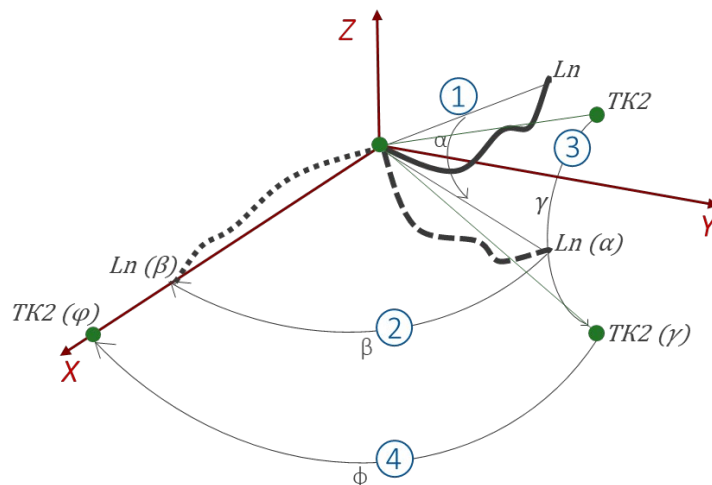


Рисунок 3.9 – Вращение траектории ВТД и точек коррекции вокруг осей Y и Z

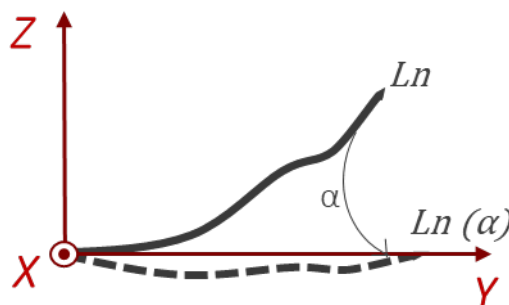


Рисунок 3.10 – Вращение траектории ВТД вокруг оси Y
на угол « α » на плоскость XY

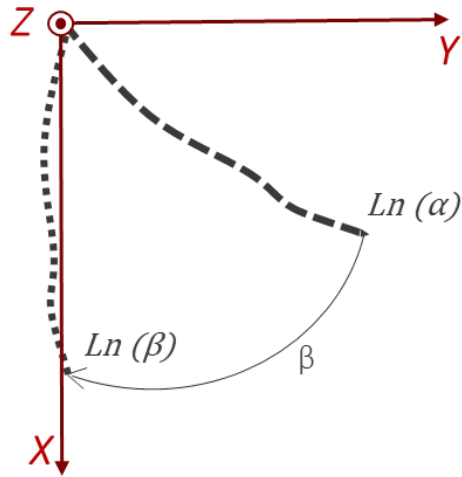


Рисунок 3.11 – Вращение траектории ВТД вокруг оси Z на угол « β » на ось X

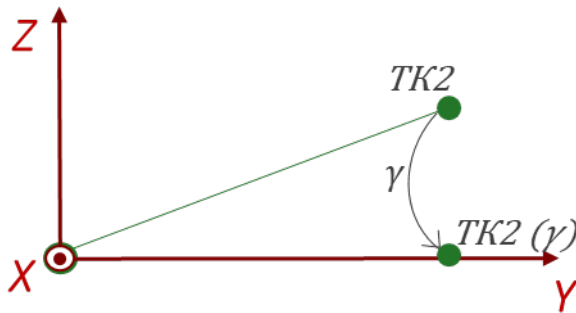


Рисунок 3.12 – Вращение точек коррекции вокруг оси X
на угол « γ » на плоскость XY

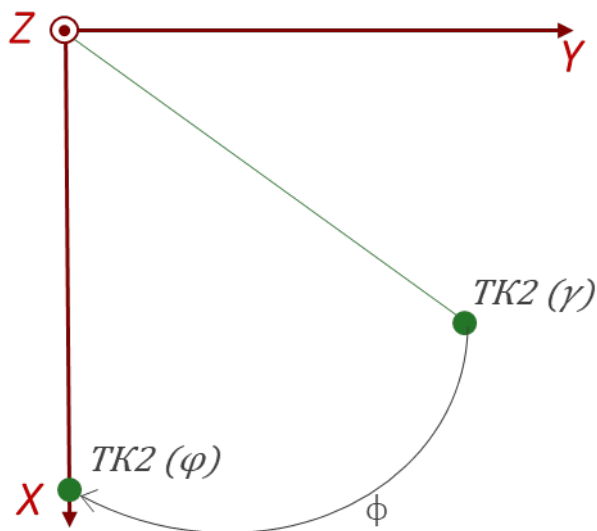


Рисунок 3.13 – Вращение точек коррекции вокруг оси Z на угол « ϕ » на ось X

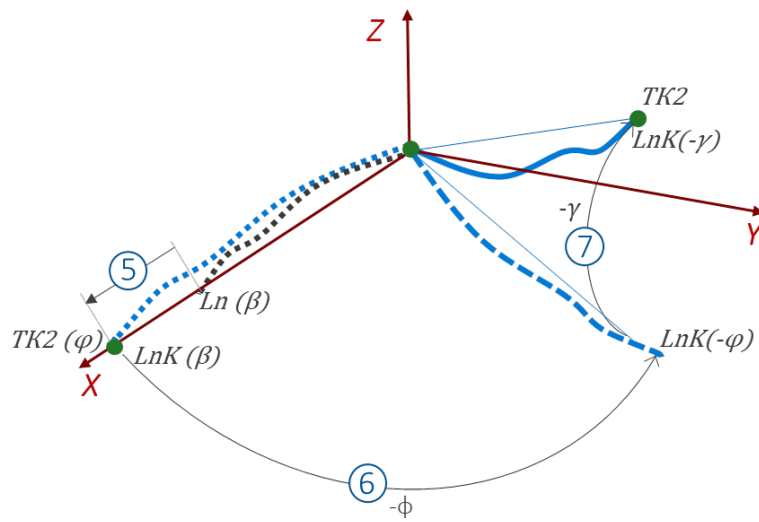


Рисунок 3.14 – Масштабирование и вращение траектории ВТД

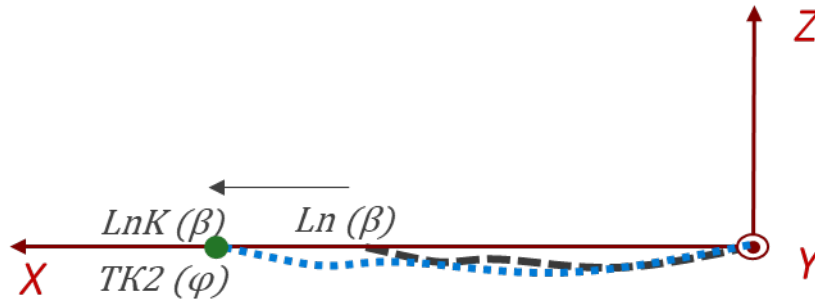


Рисунок 3.15 – Масштабирование траектории ВТД
на оси X на расчетный коэффициент K

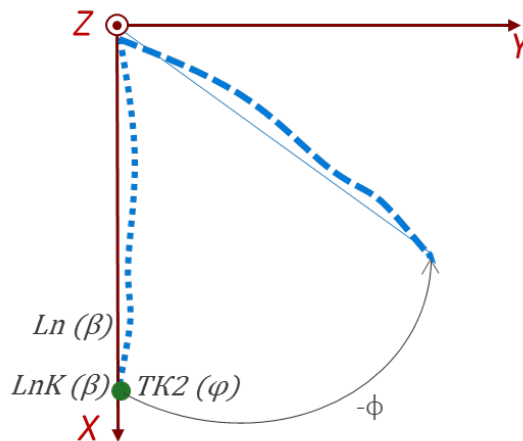


Рисунок 3.16 – Вращение масштабированной траектории ВТД
вокруг оси Z на угол «-φ»

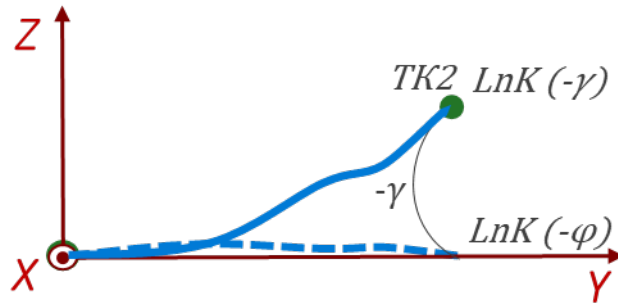


Рисунок 3.17 – Вращение масштабированной траектории ВТД
вокруг оси Z на угол « $-\gamma$ » в ТК2

Координаты ($XK_i; YK_i$) и высоты (ZK_i), а также глубины заложения (h_i) трубных секций определяются сводной итоговой матрицей $M_{Kih}^{ВТД}$:

$$M_{Kih}^{ВТД} = \begin{bmatrix} XK1 & YK1 & ZK1 & h1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ XKi & YKi & ZKi & hi \\ XK_{i+1} & YK_{i+1} & ZK_{i+1} & h_{i+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ XKn & YKn & ZKn & hn \end{bmatrix}. \quad (3.1)$$

Для формирования матрицы используются:

– $M^{ВТД}$ – матрица раскладки секций, полученная по ВТД пересчетом координат и высот стыков трубных секций по данным гироскопа и одометра ВИП из матрицы $M^{Гироскоп}$:

$$X_{i+1} = X_i + \frac{L_i^{одометр} x (X_{\Gamma_{i+1}} - X_{\Gamma_i})}{\sqrt{(X_{\Gamma_{i+1}} - X_{\Gamma_i})^2 + (Y_{\Gamma_{i+1}} - Y_{\Gamma_i})^2 + (Z_{\Gamma_{i+1}} - Z_{\Gamma_i})^2}}, \quad (3.2)$$

$$Y_{i+1} = Y_i + \frac{L_i^{одометр} x (Y_{\Gamma_{i+1}} - Y_{\Gamma_i})}{\sqrt{(X_{\Gamma_{i+1}} - X_{\Gamma_i})^2 + (Y_{\Gamma_{i+1}} - Y_{\Gamma_i})^2 + (Z_{\Gamma_{i+1}} - Z_{\Gamma_i})^2}}, \quad (3.3)$$

$$Z_{i+1} = Z_i + \frac{L_i^{одометр} x (Z_{\Gamma_{i+1}} - Z_{\Gamma_i})}{\sqrt{(X_{\Gamma_{i+1}} - X_{\Gamma_i})^2 + (Y_{\Gamma_{i+1}} - Y_{\Gamma_i})^2 + (Z_{\Gamma_{i+1}} - Z_{\Gamma_i})^2}}, \quad (3.4)$$

где $(X_{\Gamma_i}, Y_{\Gamma_i}, Z_{\Gamma_i})$ - координаты и высоты стыков трубных секций $M^{Гироскоп}$:

$$M^{\text{Гироскоп}} = \begin{bmatrix} X_{Г1} & Y_{Г1} & Z_{Г1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X_{Гn} & Y_{Гn} & Z_{Гn} \end{bmatrix}, \quad (3.5)$$

где $L_i^{\text{одометр}}$ – дистанция каждой трубной секции по одометру ВИП.

Полученная матрица раскладки секций по ВТД:

$$M^{\text{ВТД}} = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X_i & Y_i & Z_i \\ X_{i+1} & Y_{i+1} & Z_{i+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n \end{bmatrix}; \quad (3.6)$$

– $M^{\text{ТК}}$ – матрица точек коррекции (точка вращения, точка совмещения):

$$M^{\text{ТК}} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \end{bmatrix}; \quad (3.7)$$

– $M^{\text{Ні}}$ – матрица выборки отметок поверхности Земли из ЦМР (H_i) по координатам трубных секций:

$$M^{\text{Ні}} = \begin{bmatrix} H_1 \\ \vdots \\ H_n \end{bmatrix}. \quad (3.8)$$

Порядок преобразований:

1 Поворот в горизонтальную плоскость траектории ВИП и применяемой точки коррекции (вокруг Y) относительно предыдущей/следующей примененной точки коррекции (поз.1, 3 рисунка 3.9):

– угол α для поворота на плоскость XY траектории ВИП вращением вокруг оси Y (поз.1), вычисляемый по формуле:

$$\alpha = \arctg \frac{Y_n^{\text{секц}} - Y_1^{\text{секц}}}{X_n^{\text{секц}} - X_1^{\text{секц}}}; \quad (3.9)$$

- угол γ для поворота на плоскость XU двух точек коррекции вращением вокруг оси Y (поз.3), вычисляемый по формуле:

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{y_2^{\text{ТК}} - y_1^{\text{ТК}}}{x_2^{\text{ТК}} - x_1^{\text{ТК}}}. \quad (3.10)$$

2 Поворот вокруг Z для совмещения траектории ВТД и точки коррекции с осью X (поз. 2, 4 рисунка 3.9):

- угол β для поворота на ось X траектории ВТД вращением вокруг оси Z (поз. 2), вычисляемый по формуле:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{z_n^{\text{секц}} - z_1^{\text{секц}}}{x_n^{\text{секц}} - x_1^{\text{секц}}}. \quad (3.11)$$

- угол φ для поворота на ось X двух точек коррекции вращением вокруг оси Z (поз.4), вычисляемый по формуле:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{z_2^{\text{ТК}} - z_1^{\text{ТК}}}{x_2^{\text{ТК}} - x_1^{\text{ТК}}}. \quad (3.12)$$

3 Сжатие или растяжение траектории ВТД для совмещения с применяемой точкой коррекции (поз.5 рисунка 3.14):

- коэффициент масштабирования K вычисляется по формуле:

$$K = \frac{x_2^{\text{ТК}} - x_1^{\text{ТК}}}{x_n^{\text{секц}} - x_1^{\text{секц}}}. \quad (3.13)$$

4 Повороты в обратной последовательности масштабированной траектории ВТД на значения углов «- φ », «- γ » (поз.6, 7 рисунка 3.14).

5 Вычисление глубины заложения трубопровода по данным ЦМР, полученных средствами ВЛС:

– глубина заложения трубопровода до верхней образующей вычисляется по формуле:

$$hi = Hi - KZi - \frac{Dn}{2}, \quad (3.14)$$

где D_n – наружный диаметр трубопровода;

KZi – высотная отметка оси трубной секции.

Для ориентирования участка траектории (раскладки секций по ВТД) по точкам коррекции используются матрицы поворота (вращения) в пространстве:

1 Матрица вращения вокруг оси Y на угол α :

$$M_Y^{ВТД}(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{bmatrix}, \quad (3.15)$$

где α – угол поворота на плоскость XY , вычисляемый по формуле (3.9).

2 Матрица вращения вокруг оси Z на угол β :

$$M_Z^{ВТД}(\beta) = \begin{bmatrix} \cos \beta & -\sin \beta & 0 \\ \sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.16)$$

где β – угол поворота вокруг оси Z на ось X , вычисляемый по формуле (3.11).

Для ориентирования точек коррекции (точка вращения и точка совмещения) используются также матрицы поворота (вращения) в пространстве:

1 Матрица вращения матрицы двух точек коррекции вокруг оси Y на угол γ :

$$M_Y^{ТК}(\gamma) = \begin{bmatrix} \cos \gamma & 0 & \sin \gamma \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \gamma & 0 & \cos \gamma \end{bmatrix}, \quad (3.17)$$

где γ – угол поворота вокруг оси Y на плоскость XY , вычисляемый по формуле (3.10).

2 Матрица вращения матрицы двух точек коррекции вокруг оси Z на угол φ :

$$M_Z^{TK}(\varphi) = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (3.18)$$

где φ – угол поворота вокруг оси Z на ось X , вычисляемый по формуле (3.12).

Полученная расчетная матрица раскладки секций по ВТД после вращений выражается формулой:

$$M_{OX}^{BTD} = M^{BTD} \times M_Y^{BTD}(\alpha) \times M_Z^{BTD}(\beta) = \begin{bmatrix} X1 & Y1 & Z1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ Xn & Yn & Zn \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos \beta & -\sin \beta & 0 \\ \sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.19)$$

Полученная расчетная матрица точек коррекции после вращений выражается формулой:

$$M_{OX}^{TK} = M^{TK} \times M_Y^{TK}(\gamma) \times M_Z^{TK}(\varphi) = \begin{bmatrix} x1 & y1 & z1 \\ x2 & y2 & z2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos \gamma & 0 & \sin \gamma \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \gamma & 0 & \cos \gamma \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3.20)$$

Для приведения длины траектории ВТД в соответствие протяженности трассы, определенной по точкам коррекции, используется коэффициент масштабирования K , вычисляемый по формуле (3.13).

Произведением расчетной матрицы раскладки секций по ВТД после вращений M_{OX}^{BTD} и коэффициента масштабирования K определяют масштабированную матрицу раскладки секций по ВТД после вращения:

$$M_{OX*K}^{ВТД} = K \times M_{OX}^{ВТД}. \quad (3.21)$$

Для итогового ориентирования масштабированной матрицы раскладки трубных секций по ВТД выполняют ее вращение в обратном порядке на значения углов «-φ», «-γ» с использованием матриц поворота (вращения) в пространстве:

$$M_K^{ВТД} = M_Y^{ТК}(-\gamma) \times M_Z^{ТК}(-\varphi) \times M_{OX*K}^{ВТД} = \begin{bmatrix} XK1 & YK1 & ZK1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ XKi & YKi & ZKi \\ XK_{i+1} & YK_{i+1} & ZK_{i+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ XKn & YKn & ZKn \end{bmatrix}. \quad (3.22)$$

Для расчета глубины заложения трубопровода выполняется выборка отметок поверхности Земли (Hi) из ЦМР по координатам каждого элемента трубопровода из масштабированной матрицы раскладки секций по ВТД ($M_K^{ВТД}$), из которой вычитаются расчетное значение высотной отметки трубной секции (ZKi) и значение, равное половине наружного диаметра трубопровода.

Вычисление глубины заложения трубопровода до верхней образующей выполняется по формуле (3.14).

В итоге формируется сводная итоговая матрица $M_{Kih}^{ВТД}$.

Алгоритмом обработки точек коррекции, траекторий ВИП и расчета оси ЛЧ МТ также предусматривается:

- загрузка точек коррекции из сформированного первичного перечня;
- загрузка траекторий ВИП;
- ориентирование траекторий ВИП относительно точки запуска ВИП (при наличии);
- верификация точек коррекции;
- ориентирование траекторий ВИП относительно точек коррекции;
- формирование результирующей оси ЛЧ МТ.

Указанные операции выполняются в разработанном программном модуле «Определение ПВП МТ» (реализовано на языке R) с формированием текстового файла *.csv, содержащего данные о пространственном положении трубных секций.

Ориентирование траекторий ВИП относительно точки запуска, точек коррекции выполняется по следующим принципам:

- сопоставлением признаков из таблиц параметров трубных секций;
- ориентированием относительно углов поворота трассы трубопровода (уточняется точка коррекции на вершине угла поворота);
- ориентированием прямолинейных участков (между точками коррекции) по расчетным СКП.

При формировании результирующей оси ЛЧ МТ выполняется пересчет дистанции по координатам от примененных точек коррекции, определение дистанций проекций точек на ось трубопровода для их отображения на профиле ЛЧ МТ.

Далее полученные результаты (файлы) используются для оценки расчетной результирующей оси ЛЧ МТ в разработанном программном модуле «Определение пространственного положения ЛЧ МТ» (реализован на языке R).

Блок-схема алгоритма обработки точек коррекции, траекторий ВИП и расчета оси ЛЧ МТ представлена на рисунке 3.18.

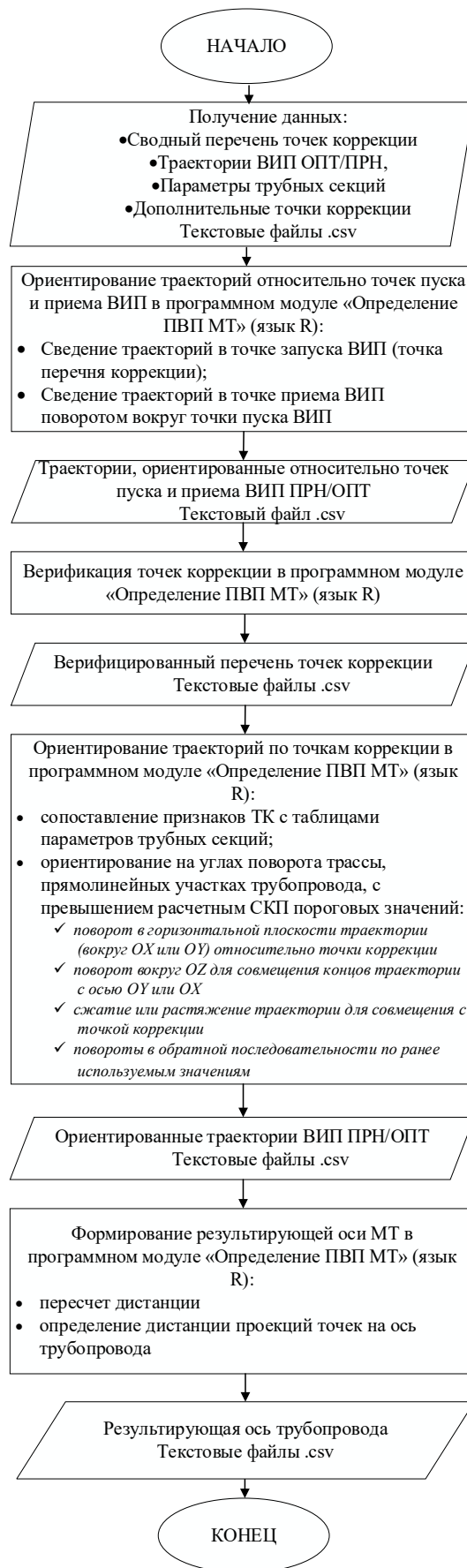


Рисунок 3.18 – Блок-схема алгоритма обработки точек коррекции, траекторий ВИП и расчета оси ЛЧ МТ

3.8 Оценка расчетной результирующей оси ЛЧ МТ

Для возможности применения полученных результатов выполняется их оценка в блоке оценки расчетной результирующей оси ЛЧ МТ. Для выполнения указанных процедур алгоритмом предусматривается:

- расчет СКП по каждому стыку трубных секций;
- определение участков с превышениями установленных СКП;
- повторная верификация принятых точек коррекции на участках с превышениями СКП;
- определение мест для наземных ГНСС-измерений дополнительных точек коррекции на участках ЛЧ МТ с превышениями расчетных СКП.

Указанные операции выполняются в разработанном программном модуле «Определение пространственного положения ЛЧ МТ» (реализован на языке R).

Полученные ведомости дополнительных точек коррекций, представленные в текстовых файлах *.csv, используются для проведения по ним последующих наземных ГНСС-измерений.

Блок-схема алгоритма оценки расчетной результирующей оси ЛЧ МТ представлена на рисунке 3.19.

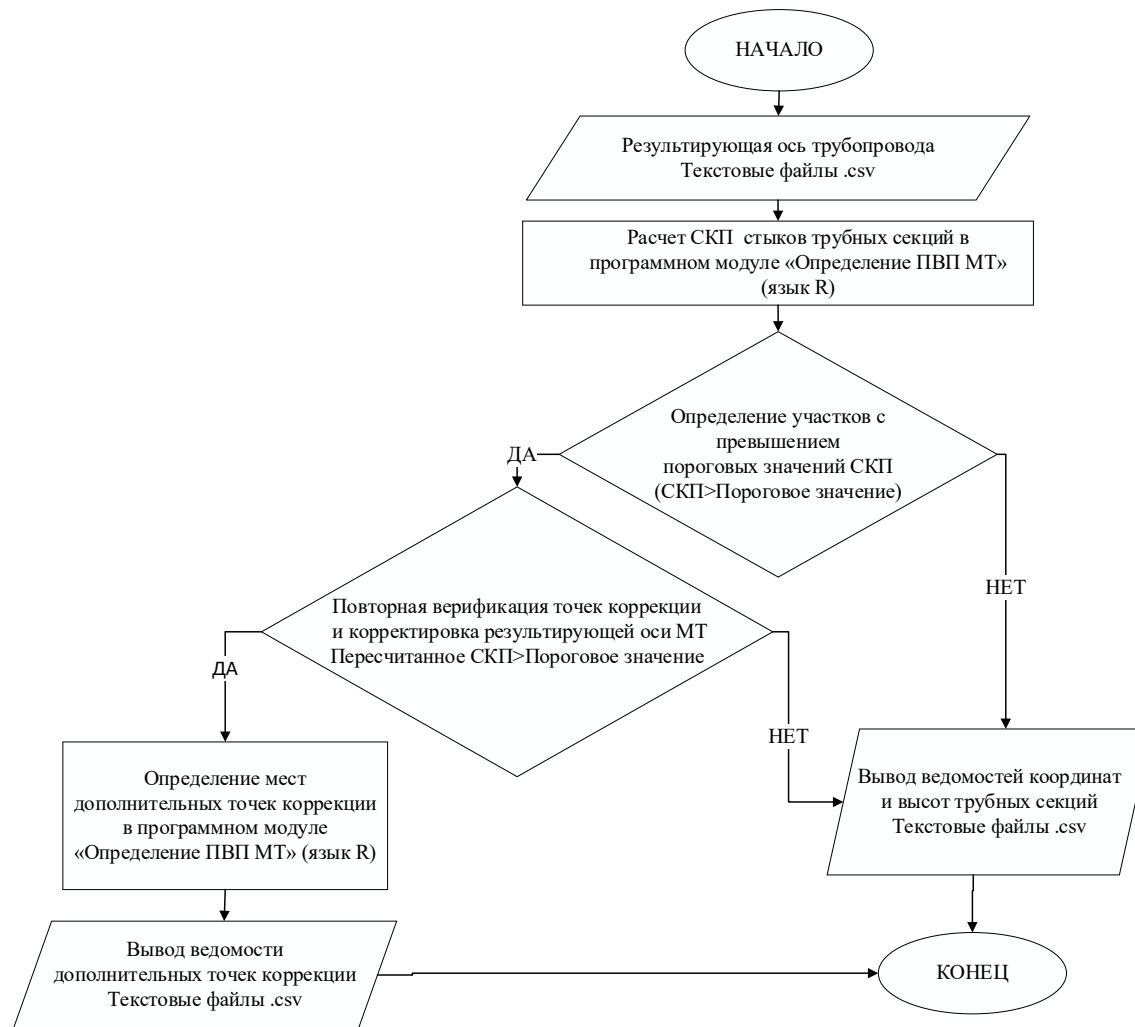


Рисунок 3.19 – Блок-схема алгоритма оценки расчетной результирующей оси ЛЧ МТ

3.9 Корректировка результирующей оси ЛЧ МТ

Для корректировки результирующей оси ЛЧ МТ алгоритмом предусмотрено:

- проведение наземных ГНСС-измерений дополнительных точек коррекций от РС дифференциальной подсистемы ГНСС;
- обработка наземных ГНСС-измерений;
- загрузка дополнительных точек коррекции;
- ориентирование траекторий ВИП ПРН/ОПТ относительно дополнительных точек коррекции;
- верификация точек коррекции;
- повторное формирование результирующей оси ЛЧ МТ;
- повторный расчет СКП по каждому стыку трубных секций;
- повторное определение участков с превышениями установленных пороговых значений СКП;
- повторная верификация принятых точек коррекции на участках с превышениями пороговых значений СКП (при необходимости);
- повторное определение мест дополнительных точек коррекции с формированием ведомостей дополнительных точек коррекций и выполнением геодезических измерений (при необходимости).

Указанные операции выполняются в разработанном программном модуле «Определение пространственного положения ЛЧ МТ» (реализован на языке R) с формированием текстового файла *.csv, содержащего данные об уточненном пространственном положении трубных секций.

Полученные текстовые файлы .csv используются для формирования ведомостей координат и высот трубных секций.

Блок-схема алгоритма корректировки результирующей оси ЛЧ МТ представлена на рисунке 3.20.

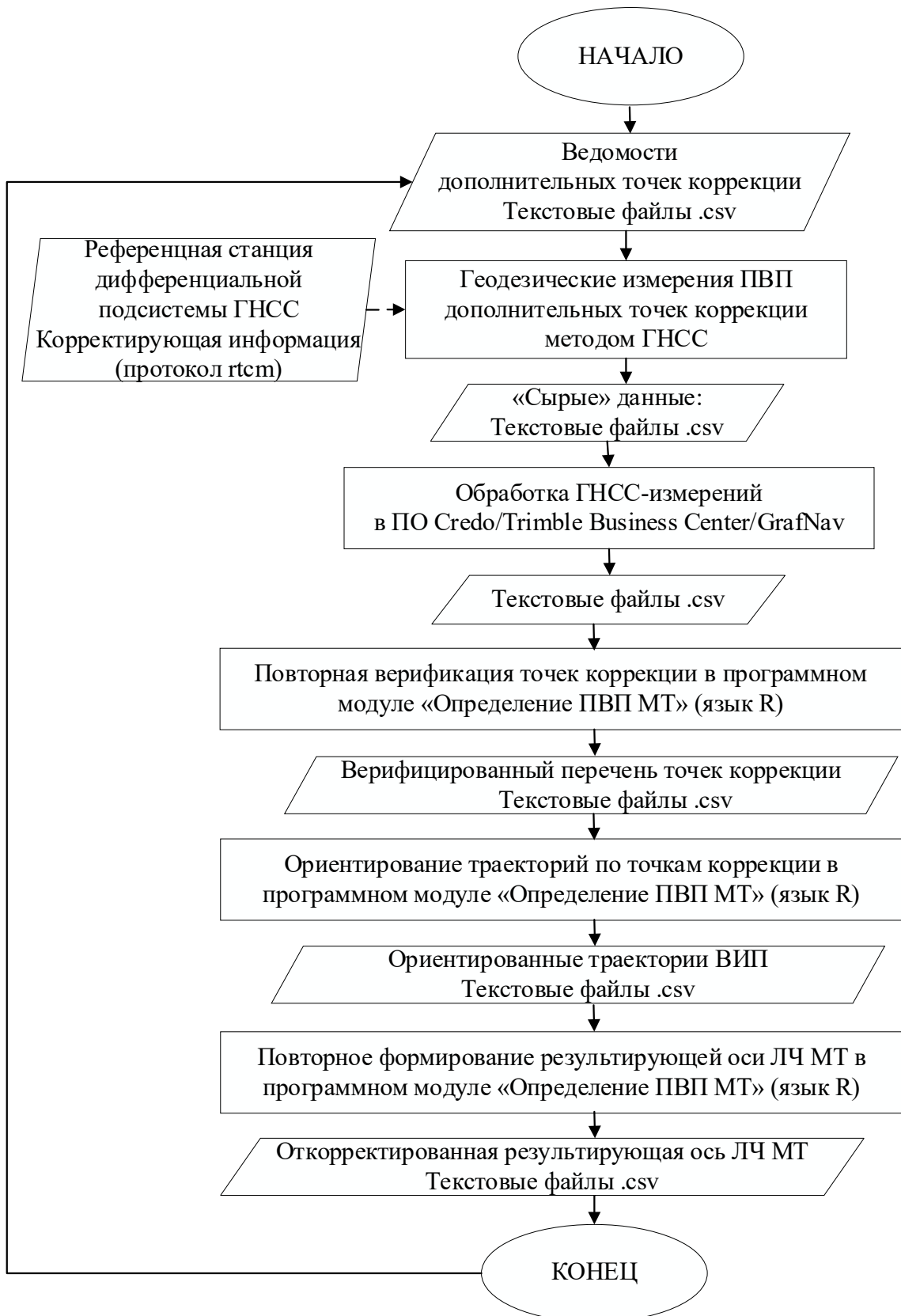


Рисунок 3.20 – Блок-схема алгоритма корректировки результирующей оси ЛЧ МТ

3.10 Анализ и вывод результатов

Для анализа и вывода результатов алгоритмом предусмотрено:

- создание *.csv, *.shp файлов с данными о пространственном положении трубных секций;
- формирование границ охранных зон, зон минимальных расстояний;
- получение сведений о границах земельных участков из ЕГРН;
- установление границ и площади зоны влияния ЛЧ МТ на земли и земельные участки с созданием *.shp файлов;
- оценка технического состояния ЛЧ МТ, предусматривающая:
 - а) контроль ПВП и глубины заложения ЛЧ МТ (пахотные земли – не менее 1 раз/год, прочие – не менее 1 раз/5 лет);
 - б) наблюдения за движениями земной поверхности и ЭГП/ОГП (не менее 2 раз/год);
 - в) геотехнический мониторинг (участки с ММГ – 2 раза/год, прочие участки – 1 раз/год);
- оценка использования и состояния земель с использованием результатов оценки технического состояния ЛЧ МТ;
- сравнение результатов с предыдущими/нормативными значениями;
- вывод результатов для загрузки в ИС.

Функционал специализированных геоинформационных систем мониторинга магистральных трубопроводов обеспечивает создание пространственных объектов, внесение атрибутивной информации и отображение в геоинформационном пространстве информационных систем в двухмерном виде на карте или на трехмерной сцене [90, 7, 32, 57, 19].

Блок-схема алгоритма анализа и вывода результатов представлена на рисунке 3.21.

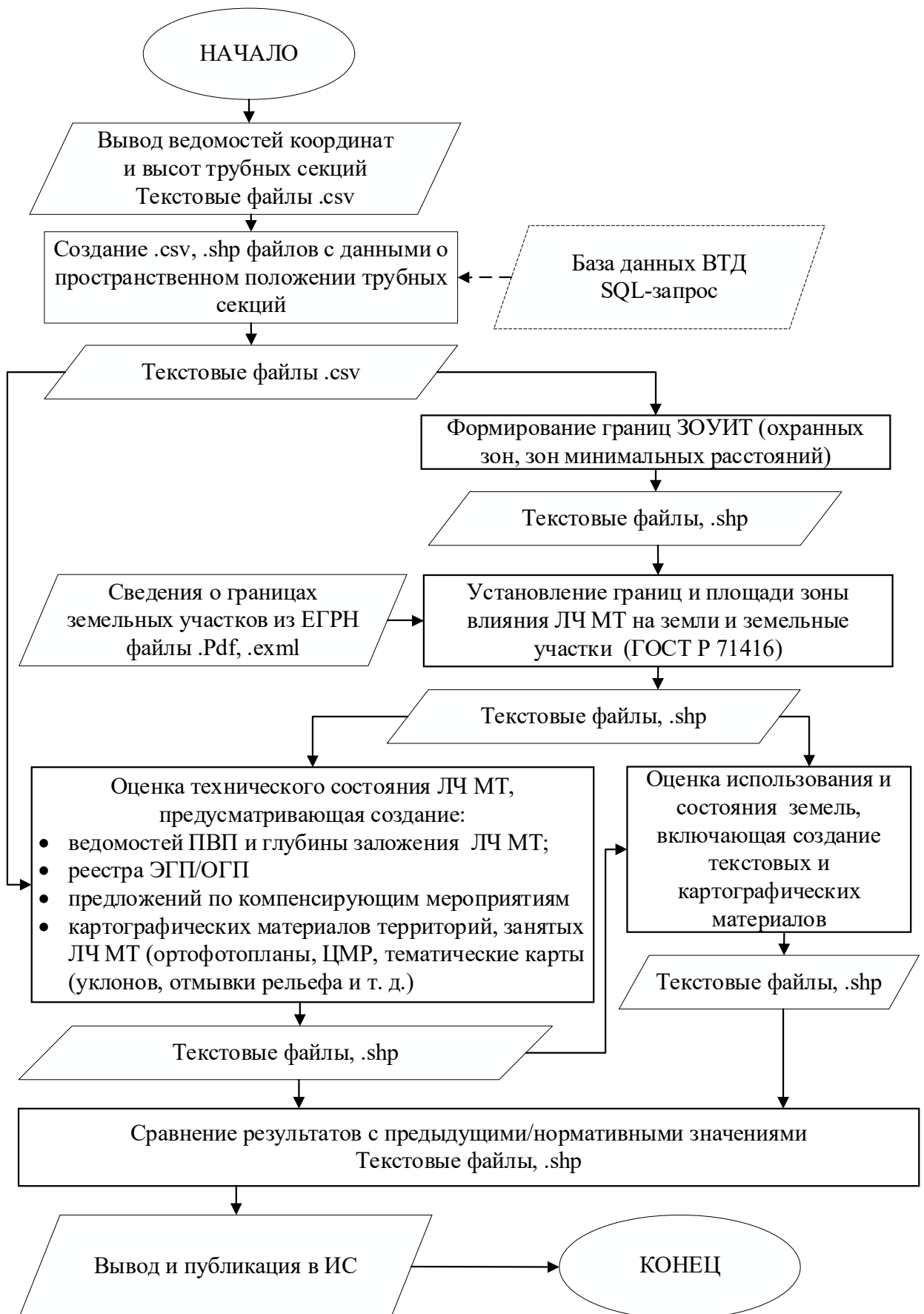


Рисунок 3.21 – Блок-схема алгоритма анализа и вывода результатов

4 АПРОБАЦИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ И ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ, ЗАНЯТЫХ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ

Апробация разработанной методики комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ, выполнялась с применением разработанных программных модулей.

В составе работ проводились:

- определение местоположения оси ЛЧ МТ по разработанной методике;
- контрольные геодезические измерения фактического положения трубных секций МТ;
- оценка точности алгоритма комплексной обработки пространственных данных (ВЛС, ВИП, ГНСС) при определении пространственного положения ЛЧ МТ подземной прокладки;
- оценка эффективности методики комплексного мониторинга земель, занятых МТ, с использованием средств ВЛС, ВИП и ГНСС, при оптимизации наблюдений и обследований.

Определение пространственного положения элементов ЛЧ МТ по разработанной методике комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ, выполнялось в программном модуле, реализованном в процессе исследований.

Контрольные геодезические измерения фактического положения трубных секций МТ выполнялись на участках вскрытий трубопровода при проведении земляных работ.

Апробация методики проведена на МТ, проложенных на территории Российской Федерации в сложных природно-климатических условиях:

- МТ «Малгобек – Тихорецк»;
- МТ «Тихорецк – Туапсе-1»;
- МТ «Восточная Сибирь – Тихий океан».

На объекте МТ «ВСТО» реализована дифференциальная подсистема ГНСС. Общий вид РС реализованной дифференциальной подсистемы ГНСС приведен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Общий вид РС реализованной дифференциальной подсистемы ГНСС

4.1 Определение местоположения оси ЛЧ МТ по разработанной методике

В соответствии с разработанной методикой комплексного мониторинга земель, занятых МТ, выполнено:

- получение средствами ВЛС сведений о пространственном положении объектов МТ (УЗА, УОВ, КПП СОД), поверхности Земли (результаты обследований технологиями ВЛС за период 2021–2022 гг.);
- получение сведений о траектории ВИП, параметрах трубных секций (результаты ВТД за период 2021–2024 гг.);
- получение наземными геодезическими ГНСС-измерениями сведений о пространственном положении элементов и/или объектов ЛЧ МТ (результаты геодезических измерений пространственного положения трубопровода и его отдельных элементов; за период 2021–2024 гг. в рамках контроля пространственного положения ЛЧ МТ и геотехнического мониторинга);

– определение посекционного пространственного положения ЛЧ МТ.

ВЛС выполнялось с применением пилотируемого воздушного судна (рисунки 4.2, 4.3, 4.4).

Для получения координат и высот точек коррекции и контрольных точек использованы УЗА, а также УОВ, смонтированные на объекте апробации (рисунок 4.5).



Рисунок 4.2 – Подготовка воздушного судна к проведению ВЛС на объекте апробации

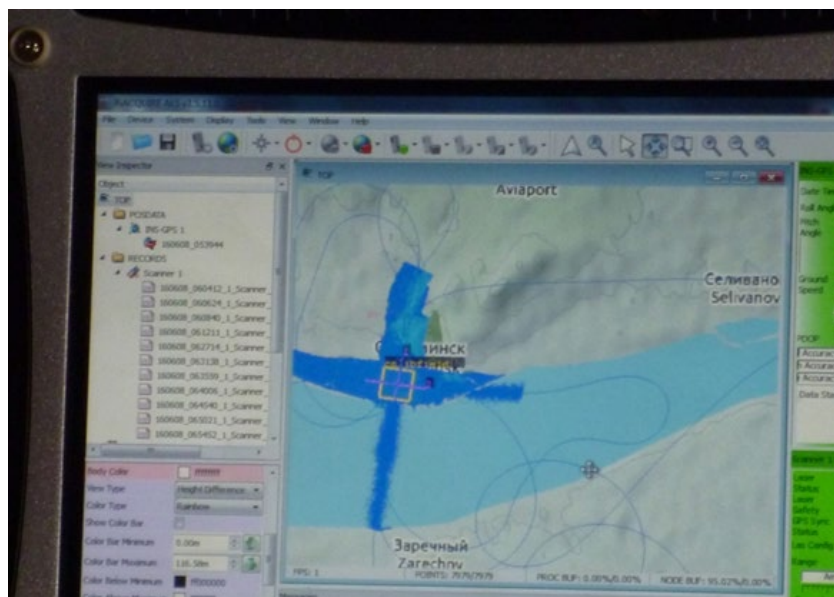


Рисунок 4.3 – Проведение калибровочного полета

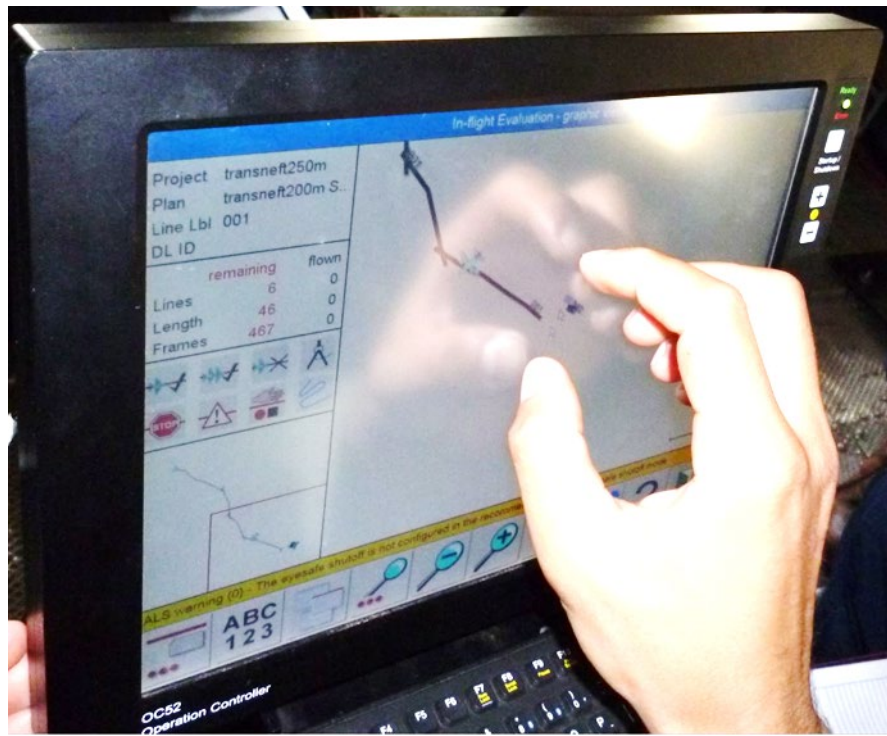


Рисунок 4.4 – Проведение ВЛС на объекте апробации



Рисунок 4.5 – Контрольные определения координат и высот УОВ от РС

Также получены сведения о траекториях пропусков ВИП от специализированной организации, выполнявшей внутритрубную диагностику в указанный период. На рисунке 4.6 представлен внешний вид ВИП, применяемого на объектах апробации.



Рисунок 4.6 – Внешний вид ВИП перед запуском

Обработка ТЛО и создание ЦМР выполнены в разработанных программных модулях (автоматизированного анализа планово-высотного положения объектов МТ и их динамики по данным ВЛС, анализа параметров сложных геологических условий расположения объектов МТ и их динамики по данным ВЛС). Сформированы ведомости координат и высот надземных элементов и/или объектов МТ: УОВ, УЗА, профиля поверхности Земли по оси ЛЧ МТ. Пример обработки результатов ВЛС в программных модулях представлен на рисунке 4.7.

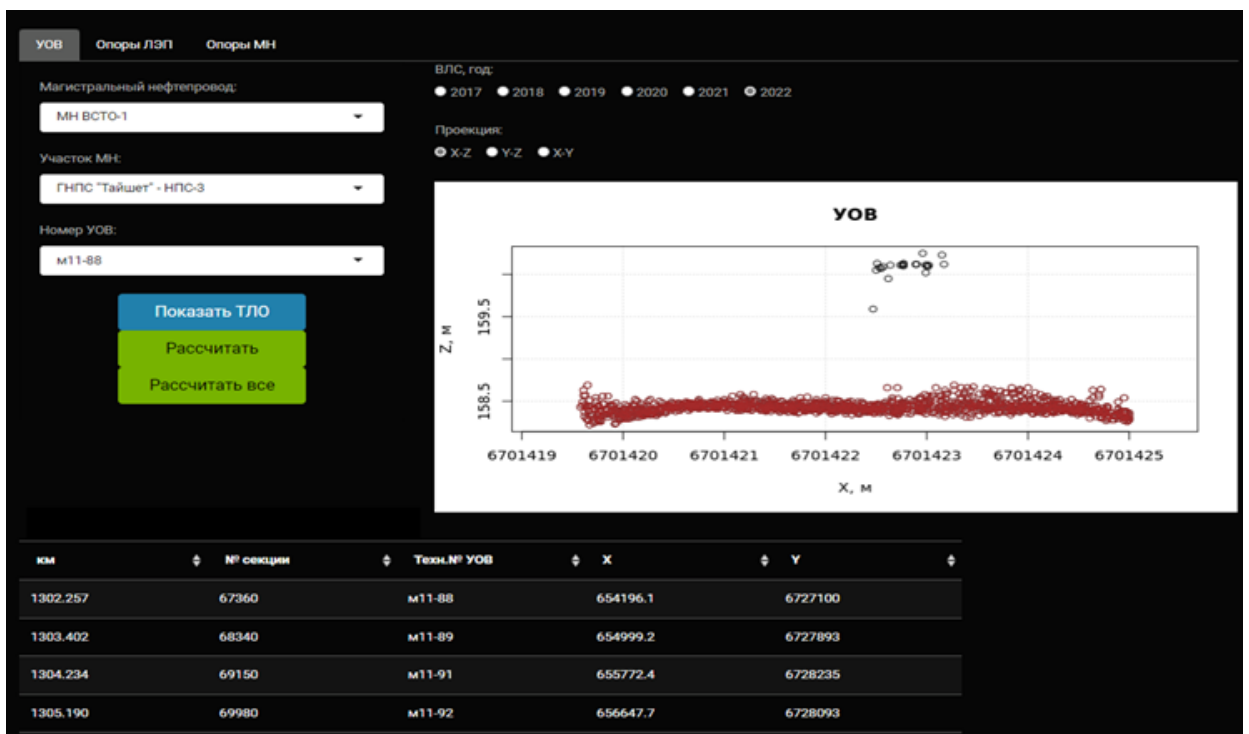
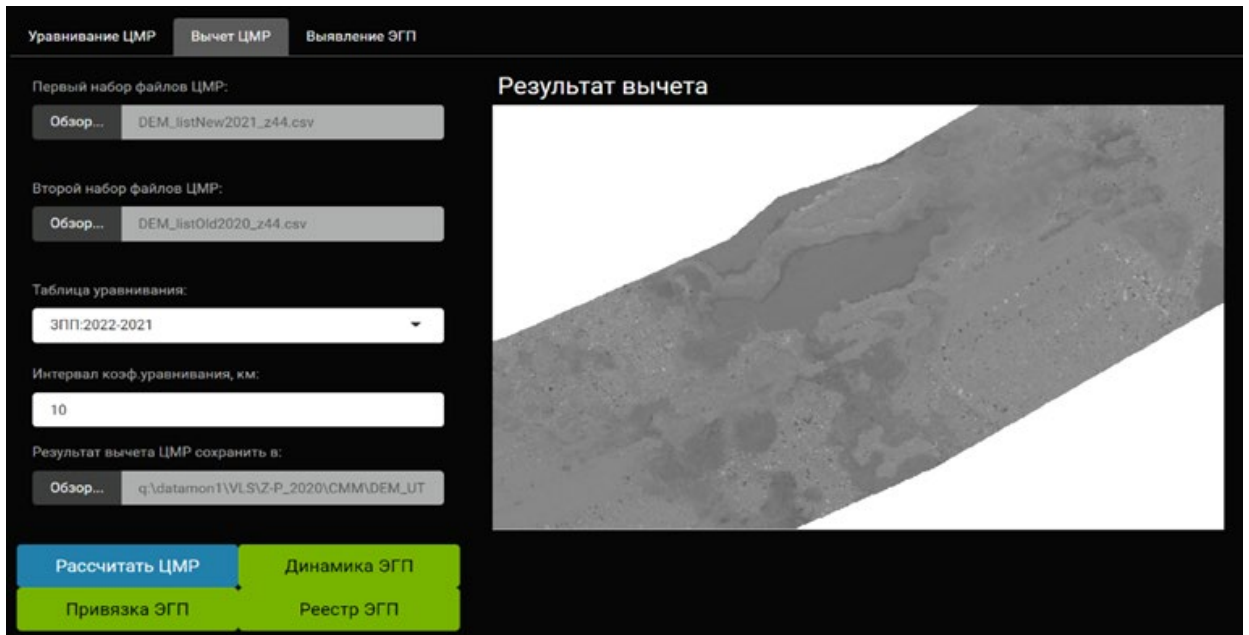


Рисунок 4.7 – Пример обработки результатов ВЛС в программных модулях

Далее полученные данные обработаны в разработанном программном модуле, в результате сформированы табличные *.csv файлы с перечнем координат и высот трубных секций/элементов трубопровода в системе координат WGS-84 (проекция UTM), БСВ-77, расчетными СКП.

Объем обработанных трубных секций составил более 285 тыс. шт. для следующих МТ:

- МТ «Малгобек – Тихорецк» (17 859 трубных секций);
- МТ «Тихорецк – Туапсе -1» (17 136 трубных секций);
- МТ «Тихорецк – Туапсе -2» (17 096 трубных секций);
- МТ «Восточная Сибирь – Тихий океан» (233 780 трубных секций).

Результат обработки данных в разработанном программном модуле представлен на рисунке 4.8.

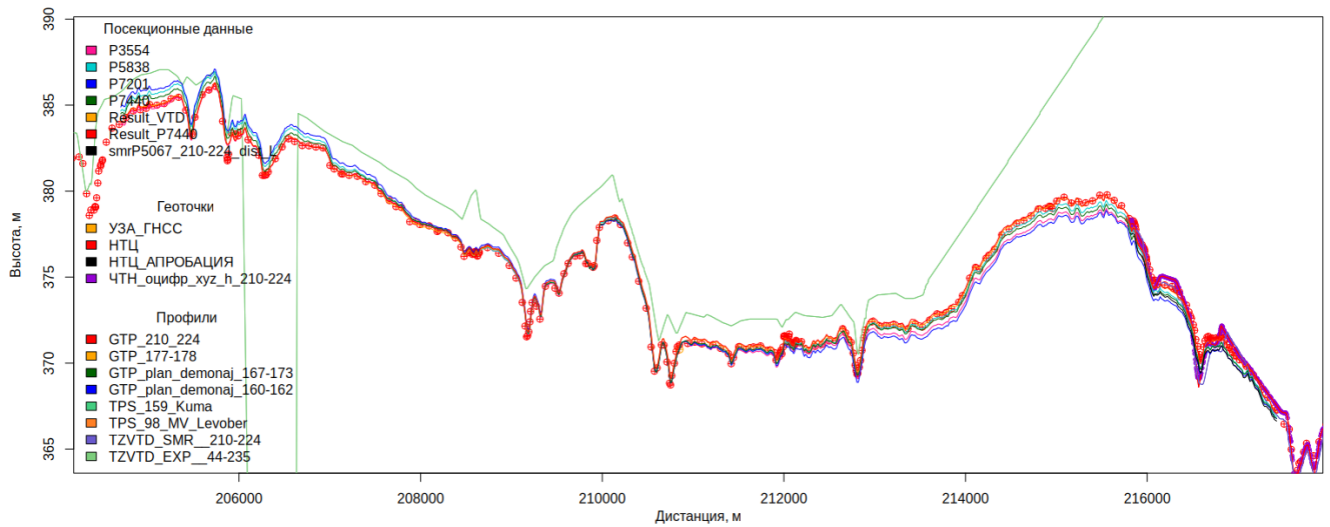


Рисунок 4.8 – Результат обработки данных в разработанном программном модуле

Пример подготовленных данных для последующего сопоставления с геодезическими измерениями фактического положения трубных секций МТ на участках вскрытий трубопровода при проведении земляных работ приведен на рисунке 4.9.

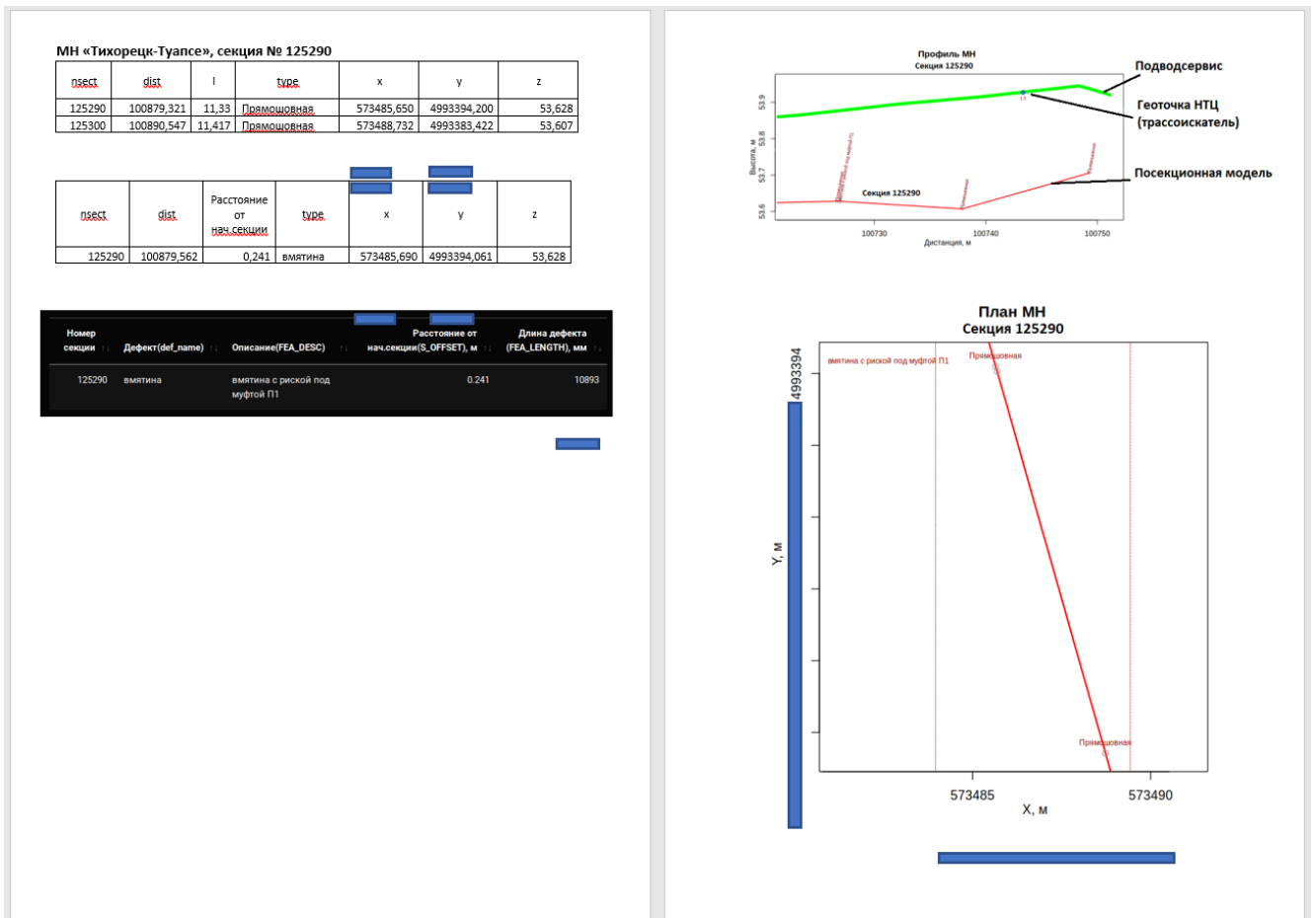


Рисунок 4.9 – Пример подготовленных данных для последующего сопоставления с геодезическими измерениями фактического положения трубных секций МТ на участках вскрытий трубопровода при проведении земляных работ

Также результаты определения посекционной оси ЛЧ МТ экспортировались в корпоративную информационную систему (КИС). Результат экспорта данных в КИС приведен на рисунке 4.10.

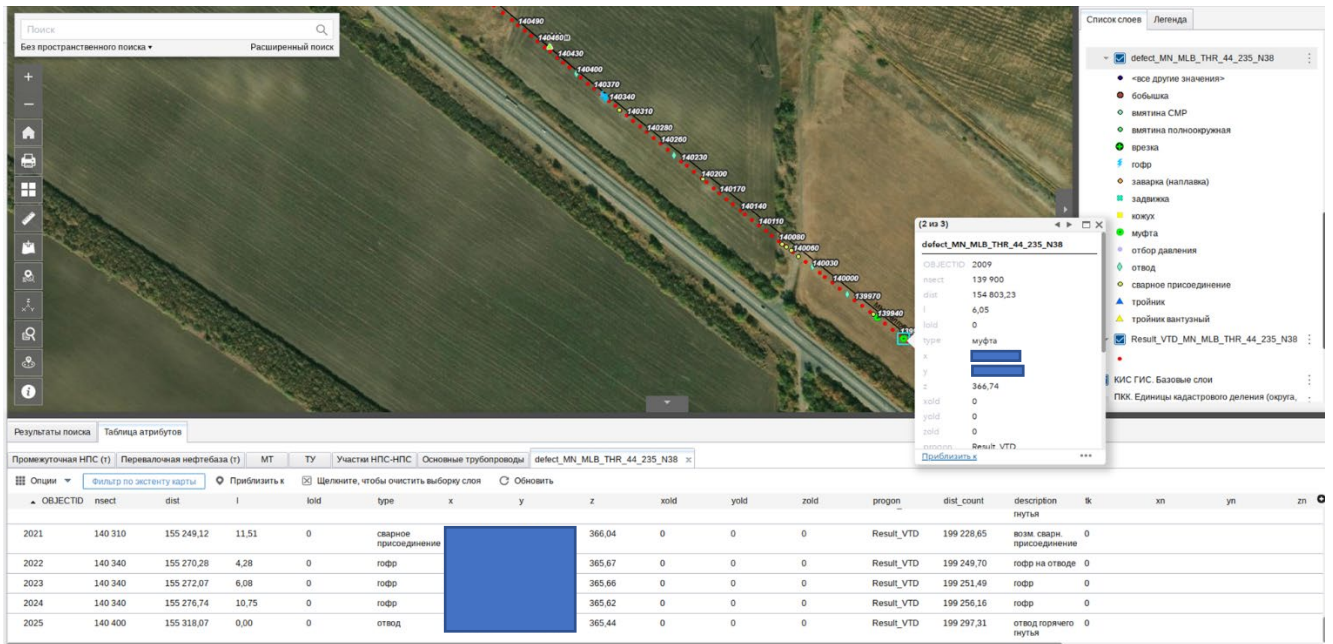


Рисунок 4.10 – Результат экспорта данных в КИС

4.2 Контрольные геодезические измерения фактического положения трубных секций МТ

В качестве эталонных данных для оценки результатов использовались результаты контрольных геодезических измерений фактического положения трубных секций МТ на участках вскрытий трубопровода при проведении земляных работ:

- 5 участков МТ «Малгобек – Тихорецк»;
- 9 участков МТ «Тихорецк – Туапсе-1»;
- 4 участка МТ «Восточная Сибирь – Тихий океан».

Контрольные геодезические измерения фактического положения трубопровода на участках вскрытий трубопровода при проведении земляных работ выполнялись методом спутниковых геодезических измерений (высокоточные ГНСС-измерения).

Перечень трубных секций, на которых выполнены высокоточные ГНСС-измерения в рамках апробации, приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень трубных секций, на которых выполнены высокоточные ГНСС-измерения в рамках апробации

№ п/п	Участок обследования	Секция/ дефект
1	2	3
1	МН – 1	секция 12550
2	МН – 1	секция 70880
3	МН – 1	секция 70890
4	МН – 1	секция 140120
5	МН – 1	секция 140430
6	МН – 2	секция 103870
7	МН – 2	секция 103930
8	МН – 2	секция 104740
9	МН – 2	секция 106130
10	МН – 2	секция 125290
11	МН – 2	секция 141531
12	МН – 2	секция 141631
13	МН – 2	секция 148041
14	МН – 2	секция 164660
15	МН – 3	секция 170521
16	МН – 3	секция 170522
17	МН – 3	секция 76721
18	МН – 3	секция 164800

Пример выполнения контрольных геодезических измерений фактического положения трубных секций МТ на участках вскрытий трубопровода при проведении земляных работ приведен на рисунке 4.11.

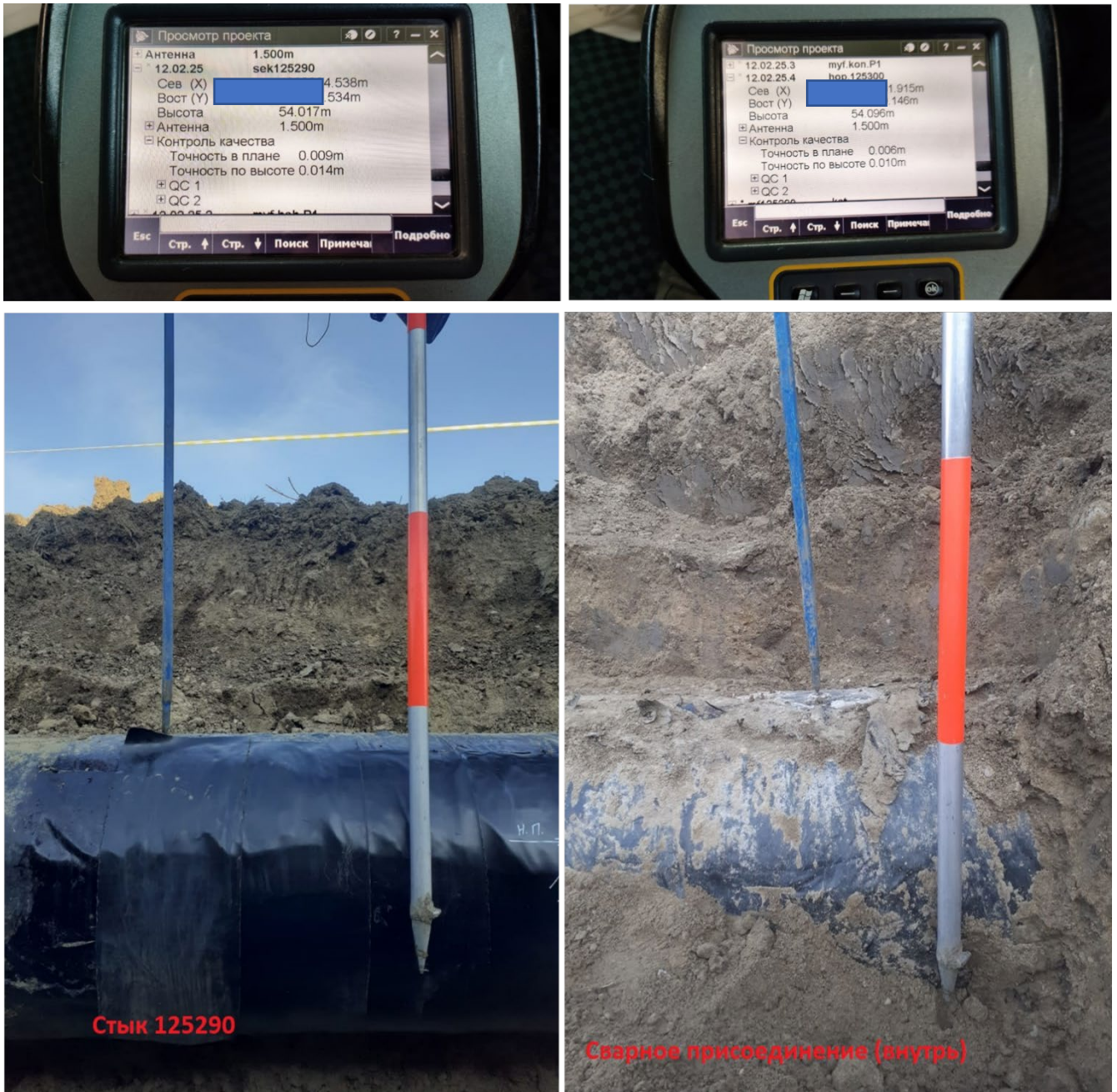


Рисунок 4.11 – Пример выполнения контрольных геодезических измерений фактического положения трубных секций МТ на участках вскрытий трубопровода при проведении земляных работ

4.3 Оценка точности алгоритма комплексной обработки данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС)

Оценка точности алгоритма комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий

(ВЛС, ВИП, ГНСС), заключалась в сравнении расчетных СКП с нормативными, оценке отклонения расчетных планового и высотного положений с контрольными геодезическими измерениями фактического положения трубных секций на участках вскрытий трубопровода.

В качестве нормативных СКП приняты значения, установленные Приказом Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23.10.2020 № П/0393 «Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машиноместа».

Результаты оценки точности алгоритма комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС), по разработанной методике приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты оценки точности алгоритма комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС)

№, п/п	Секция	$ \Delta_{\text{план}} $, м	Расчетная предельная погрешность в плане, м	$ \Delta h $, м	Расчетная предельная погрешность по высоте, м	Соответствие полученной точности требованиям НД
1	2	3	4	5	6	7
1	12550	0,17	±1,10	0,23	±0,70	Соответствует
2	70880	0,51	±2,79	0,20	±0,60	Соответствует
3	70890	0,80	±2,69	0,20	±0,61	Соответствует
4	140120	0,53	±1,94	0,04	±0,57	Соответствует
5	140430	0,70	±1,86	0,19	±0,57	Соответствует
6	103870	0,47	±0,84	0,47	±0,62	Соответствует
7	103930	0,14	±0,74	0,14	±0,70	Соответствует
8	104740	0,12	±1,18	0,12	±0,56	Соответствует
9	106130	0,51	±0,77	0,51	±0,61	Соответствует
10	125290	0,07	±0,91	0,06	±0,84	Соответствует
11	141531	0,16	±0,73	0,05	±0,73	Соответствует
12	141631	0,24	±0,91	0,06	±0,77	Соответствует
13	148041	0,47	±1,80	0,03	±1,03	Соответствует
14	164660	0,67	±1,15	0,04	±0,84	Соответствует
15	170521	0,51	±0,90	0,04	±0,89	Соответствует

Окончание таблицы 4.2

№, п/п	Секция	$ \Delta_{\text{план}} $, м	Расчетная предельная погрешность в плане, м	$ \Delta h $, м	Расчетная предельная погрешность по высоте, м	Соответствие полученной точности требованиям НД
1	2	3	4	5	6	7
16	170522	0,51	$\pm 0,90$	0,05	$\pm 0,89$	Соответствует
17	76721	0,94	$\pm 1,14$	0,03	$\pm 0,88$	Соответствует
18	164800	0,23	$\pm 0,66$	0,19	$\pm 0,56$	Соответствует

Оценка применения алгоритма комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС), подтверждает получение данных о пространственном положении элементов ЛЧ МТ по разработанной методике с требуемой точностью (расчетные СКП в плане соответствуют нормативным, отклонения фактического положения от расчетного соответствуют предельным погрешностям определений и составляют до 0,94 м в плане и до 0,51 м по высоте). Алгоритмом обеспечивается определение мест расстановки точек коррекции для обеспечения требуемой точности (реализовано в программном модуле).

Итоговые результаты оценки точности алгоритма комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (ВЛС, ВИП, ГНСС), по разработанной методике приведены в приложении Б.

4.4 Оценка эффективности методики комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ

Оценка эффективности методики комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых МТ, основывалась на оценке сокращения трудоемкости полевых работ при проведении обследований объектов для решения задач мониторинга ЛЧ МТ и мониторинга земель, занятых МТ. Сокращение трудоемкости обусловлено сокращением точек контроля пространственного положения при использовании разработанной методики.

Сокращение трудоемкости оценивалось для условного трубопровода протяженностью 100 км. При этом трудовые затраты принимались по нормативам таблицы 6.5 «Поиск и съемка подземных коммуникаций при помощи трассоискателя» Сметных укрупненных расценок на топографо-геодезические работы (СУР-2002) (введены в действие с 01.01.2003 приказом Федеральной службы геодезии и картографии России от 24.12.2002 № 196-пр). Нормативы Сур-2002 приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Трудовые затраты для определения ПВП трубопровода с использованием трассоискателя

№, п/п	Обоснование трудовых затрат	Категория трудности работ	Ед. изм.	Трудовые затраты, чел.-дни (не более)		
				специалистов	рабочих	всего
1	2	3	4	5	6	7
1	СУР-2002, таблица 6.5, н.р. 3	1	Точка	0,032	0,064	0,096

Объемы работ для участка трубопровода протяженностью 100 км приняты:

– для разработанной методики – 135 точек съемки (по 5 точек съемки для 25 точек коррекции (шаг около 4 км), 10 точек в качестве контрольных и опознавательных знаков для ВЛС);

– для метода наземных ГНСС-измерений с трассоискателем – 1 000 точек съемки (шаг 100 м).

Расчет сокращения трудоемкости при использовании разработанных методики и алгоритма представлен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расчет сокращения трудоемкости при использовании разработанных методики и алгоритма

№, п/п	Методика определения пространственного положения ЛЧ МТ	Объем работ	Трудовые затраты на измерение, чел.-дни	Расчетные трудовые затраты, чел.-дни	Сокращение наземных измерений, %
1	2	3	4	5	6
1	Определение пространственного положения ЛЧ МТ при использовании разработанных методики и алгоритма	135	0,096	13	86

Окончание таблицы 4.4

№, п/п	Методика определения пространственного положения ЛЧ МТ	Объем работ	Трудовые затраты на измерение, чел.-дни	Расчетные трудовые затраты, чел.-дни	Сокращение наземных измерений, %
1	2	3	4	5	6
2	Определение пространственного положения ЛЧ МТ методом наземных ГНСС измерений с трассоискателем	1000	0,096	96	

Таким образом, сокращение трудоемкости при наземных измерениях при определении пространственного положения ЛЧ МТ составляет до 86%.

Расчет эффекта при определении пространственного положения ЛЧ МТ с использованием разработанных методики и алгоритма выполнен по удельным показателям, рассчитанным на основании укрупненных базовых цен на выполнение комплексных инженерно-геодезических изысканий Справочника базовых цен на инженерные изыскания для строительства (Инженерно-геодезические изыскания).

Расчет эффекта при использовании разработанных методики и алгоритма представлен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расчет эффекта при использовании разработанных методики и алгоритма

№, п/п	Методика определения пространственного положения ЛЧ МТ	Ед. изм.	Расчетная удельная стоимость, тыс. руб./км	Эффект, %
1	2	3	4	5
1	Определение пространственного положения ЛЧ МТ при использовании разработанных методики и алгоритма	км	28 065,358	10,7
2	Определение пространственного положения ЛЧ МТ методом наземных ГНСС измерений с трассоискателем	км	31 433,860	

Сравнение расчетных удельных стоимостей определения пространственного положения объектов ЛЧ МТ при использовании разработанных методики и алгоритма с классическими геодезическими методами подтверждает эффект от их применения (сокращение удельной стоимости работ до 10,7 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований цель диссертационной работы достигнута: разработана методика комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами, с использованием современных измерительных технологий, основанная на алгоритме определения пространственного положения объектов ЛЧ МТ с применением средств воздушного лазерного сканирования, внутритрубных инспекционных приборов, глобальных навигационных спутниковых систем.

Основные научные и практические результаты при выполнении поставленных задач:

1 Выполнен информационно-аналитический анализ требований нормативных документов, научно-технических публикаций о существующих технологиях мониторинга земель и земельных участков, занятых комплексом инженерных сооружений, на основании которого определены цели и задачи диссертационного исследования.

2 Разработана методика комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами, с использованием современных измерительных технологий (воздушное лазерное сканирование, диагностика внутритрубными инспекционными приборами, дифференциальные подсистемы глобальных навигационных спутниковых систем), позволяющая определять и контролировать пространственное положение наземных и подземных объектов магистральных трубопроводов и их инфраструктуры, формировать границы зон с особыми условиями использования территорий, включающие границы охранных зон трубопровода, зон минимальных расстояний, оценивать текущее и прогнозное состояния земель и земельных участков.

3 Разработан алгоритм комплексной обработки пространственных данных, полученных с использованием современных измерительных технологий (воздушное лазерное сканирование, внутритрубные инспекционные приборы, дифференциальная подсистема глобальных навигационных спутниковых систем),

обеспечивающий повышение точности определения местоположения наземных и подземных объектов магистральных трубопроводов и их инфраструктуры для установления на местности границ зон с особыми условиями использования территорий в единой установленной законодательством системе координат. Алгоритм реализован в программном модуле для применения в соответствующих этапах разработанной методики.

4 Выполнена апробация разработанной методики комплексного мониторинга земель и земельных участков, занятых магистральными трубопроводами, проложенными на территории Российской Федерации: «Восточная Сибирь – Тихий океан», МН «Малгобек – Тихорецк», МН «Тихорецк – Туапсе». Контрольные геодезические измерения фактического положения трубных секций на участках вскрытий трубопровода, выполненные с использованием высокоточных ГНСС-измерений, подтвердили необходимую точность определения элементов МТ, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения (расчетные СКП в плане соответствуют нормативным, отклонения фактического положения от расчетных соответствуют предельным погрешностям определений и составляют до 0,94 м в плане и до 0,51 м по высоте). Подтвержден эффект от применения разработанных методики и алгоритма (сокращение удельной стоимости работ до 10,7 %). Разработаны технически обоснованные нормы определения границ и площади отвода земель для объектов магистрального трубопровода, которые легли в основу ГОСТ Р 71416–2024.

Результаты исследования внедрены в производственный процесс ООО «НИИ Транснефть» и могут быть рекомендованы к использованию при комплексном мониторинге земель, занятых магистральными трубопроводами, уточнении пространственного положения объектов МТ (акт о внедрении результатов научных исследований от 07.10.2025).

Перспективы дальнейших исследований заключаются в теоретическом обосновании и разработке методов и норм установления зон влияния инфраструктуры магистрального трубопровода на природно-хозяйственные территориальные системы.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АФС	–	аэрофотоснимок
БС	–	базовая станция
ВИП	–	внутритрубный инспекционный прибор
ВС	–	воздушное судно
ВЛС	–	воздушное лазерное сканирование
ВТД	–	внутритрубная диагностика
ГВО	–	главная высотная основа
ГИС	–	геоинформационная система
ГНСС	–	глобальная навигационная спутниковая система
ДЗЗ	–	дистанционное зондирование Земли
ДМ	–	деформационная марка
ЗОУИТ	–	зона с особыми условиями использования территорий
ИРЛС	–	интерферометрическая радиолокационная съемка
ИС	–	информационная система
КПП СОД	–	камера пуска и приема средства очистки и диагностики
КТ	–	контрольные точки
ЛЧ	–	линейная часть
МСК	–	местная система координат
МТ	–	магистральный трубопровод
НД	–	нормативный документ
ОГС	–	опорная геодезическая сеть
ОПВ	–	опорный пункт высоты
ПВП	–	планово-высотное положение
ПО	–	программное обеспечение
ППР	–	программа производства работ
ПРМ	–	программно-расчетный модуль
РС	–	референцная станция
ТЗ	–	техническое задание

ТЛО	–	точки лазерного отражения
УЗА	–	узел запорной арматуры
УОВ	–	устройство определения планово-высотного положения
ЦАФС	–	цифровая аэрофотосъемка
ЦММ	–	цифровая модель местности
ЦМР	–	цифровая модель рельефа
ЦХОГД	–	центр хранения и обработки геодезических данных

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Аврунев, Е. И. Принципы формирования единого геопространства территорий / Е. И. Аврунев, А. П. Карпик, В. А. Мелкий. – Текст : непосредственный // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина : в 2-х томах, Томск, 8–12 апреля 2019 года. Том 1. – Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. – С. 428–429.
- 2 Автоматизация обследований систем термостабилизации объектов на многолетнемерзлых грунтах / С. А. Половков, Э. Р. Ибрагимов, Т. И. Кузнецов [и др.]. – Текст : непосредственный // Сборник работ лауреатов Международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа 2021 г. – Москва : ООО «Технологии развития», 2021. – С. 18–23.
- 3 Анализ деформаций и напряжений оболочки вертикальных стальных резервуаров по данным лазерного сканирования / А. А. Шоломицкий, Н. Т. Кемербаев, С. Г. Могильный, С. Н. Царенко. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 2. – С. 86–101. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-2-86-101.
- 4 Ананенков, А. Г. Анализ и сопоставление с натурными данными зарубежного опыта моделирования взаимодействия трубопроводов с вечноммерзлыми грунтами / А. Г. Ананенков, Н. Н. Хренов. – Текст : непосредственный // Наука и техника в газовой промышленности. – 2003. – № 3. – С. 29–33.
- 5 Астапов, А. М. Методика создания вертикальных инженерных планов для реконструкции инженерных сооружений / А. М. Астапов, Г. А. Уставич, В. Г. Сальников. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XIX Международный научный конгресс, 17–19 мая 2023 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2023. № 1. – С. 41–47. –

DOI 10.33764/2618-981X-2023-1-1-41-47.

6 Газопроводы Западной Сибири: всплытие или выпучивание / Н. Н. Хренов, В. В. Шеремет, А. Н. Козлов, Г. П. Пустовой // Газовая промышленность. – 2001. – № 8. – С. 35–37.

7 Геоинформационные системы объектов магистральных трубопроводов, расположенных в сложных природно-климатических условиях / Т. И. Кузнецов, Е. М. Макарычева, А. И. Барышев, Е. А. Покровская. – Текст : непосредственный // 16-я Международная конференция и выставка по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ «RAO/CIS Offshore 2023» : Труды, Санкт-Петербург, 26–29 сентября 2023 года. – Санкт-Петербург : Перо, 2023. – С. 327–329.

8 Геоинформационные технологии, как инструмент выявления нарушений земельного законодательства, на примере Приволжского района Астраханской области / Е. А. Константинова, А. П. Сизов, З. В. Никифорова [и др.]. – Текст : непосредственный // Астраханский вестник экологического образования. – 2022. – № 3 (69). – С. 57–62. – DOI 10.36698/2304-5957-2022-3-57-62.

9 ГКИНП (ГНТА)-03-010-03. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. – Москва : Картгеоцентр-Геодезиздат, 2004. – 244 с. – Текст : непосредственный.

10 ГКИНП (ОНТА)-02-262-02. Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. – Москва : 2002. – 124 с. – Текст : непосредственный.

11 ГОСТ 32453-2017. Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 28 с. – Текст : непосредственный.

12 ГОСТ 34968-2023. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Инженерные изыскания. – Москва : Стандартинформ, 2023. – 79 с. – Текст : непосредственный.

13 ГОСТ Р 71416-2024. Магистральный трубопроводный транспорт нефти

и нефтепродуктов. Определение границ и площади отвода земель для объектов магистрального трубопровода : национальный стандарт Российской Федерации : утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 06.06.2024 № 708-ст. – Москва : Стандартиформ, 2024. – 32 с. – Текст : непосредственный.

14 ГОСТ Р59562-2021. Съёмка аэрофототопографическая. Технические требования. – Москва : Стандартиформ, 2021. – 66 с. – Текст : непосредственный.

15 Дешифрирование инфраструктуры магистральных трубопроводов по аэрокосмическим изображениям / Д. В. Долгополов, Д. В. Никонов, В. А. Мелкий, В. В. Братков. – Текст : непосредственный // Мониторинг. Наука и технологии. – 2020. – № 2 (44). – С. 19–25. – DOI 10.25714/MNT.2020.44.003.

16 Диагностирование и определение аномальных зон магистральных трубопроводов на подводных переходах с использованием цифровой модели рельефа / М. Г. Мустафин, Н. С. Павлов, В. А. Вальков, Б. Ю. Васильев. – Текст : непосредственный. // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28, № 1. – С. 33–44. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-1-33-44.

17 Долгополов, Д. В. Геоинформационное обеспечение безопасной эксплуатации трубопроводного транспорта / Д. В. Долгополов, В. А. Мелкий, А. А. Верхотуров. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2021. – Т. 332. – № 12. – С. 52–63. – DOI 10.18799/24131830/2021/12/3028.

18 Долгополов, Д. В. Методы обработки данных, полученных в линейных координатах, для геоинформационного обеспечения аэрокосмического мониторинга трубопроводных систем / Д. В. Долгополов, В. А. Мелкий, Е. И. Аврунев. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2024. – Т. 29, № 6. – С. 62–69. – DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-6-62-69.

19 Долгополов, Д. В. Применение данных дистанционного зондирования Земли для информационного обеспечения геотехнического мониторинга магистральных трубопроводов / Д. В. Долгополов, Т. И. Кузнецов, А. Л. Федотов. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XX Международный научный конгресс, 21–23 мая 2025 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 4: Международная

научная конференция «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. № 4. – С. 182–188. – DOI 10.33764/2618-981X-2025-4-182-188.

20 Долгополов, Д. В. Применение технологий дистанционного зондирования Земли для обеспечения геотехнического мониторинга и картографирования на трубопроводном транспорте / Д. В. Долгополов, В. А. Мелкий, М. Ю. Баборыкин. – Текст : непосредственный // Региональные геосистемы. – 2022. – Т. 46, № 3. – С. 339–355. – DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-3-339-355.

21 Игнатъева, С. С. Состояние, проблемы и перспективы применения технологии наземного лазерного сканирования для обследования вертикальных стальных, шаровых и горизонтальных резервуаров нефти и газа / С. С. Игнатъева, А. В. Комиссаров. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2017. XIII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 17–21 апреля 2017 г.). – Ново-сибирск : СГУГиТ, 2017. Т. 2. – С. 26–28.

22 Использование ГИС-технологий и материалов аэрокосмической съемки для анализа дефектов трубы магистральных нефтепроводов / Д. А. Маркелов, В. А. Мелкий, Д. В. Долгополов [и др.]. – Текст : непосредственный // Практика противокоррозионной защиты. – 2021. – Т. 26, № 3. – С. 17–21. – DOI 10.31615/j.corros.prot.2021.101.3-2.

23 Использование космических изображений для калибровки системы линейных координат при геопространственном моделировании трубопроводов / К. Г. Баринаова, Д. В. Долгополов, В. А. Мелкий, А. А. Верхотуров. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28, № 1. – С. 70–79. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-1-70-79.

24 Использование материалов БВС для выявления фактов нарушения земельного законодательства на территории г. Новосибирска / Т. А. Хлебникова, А. С. Арбузов, Д. В. Лисицкий, О. А. Опритова. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28, № 5. – С. 33–40. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-5-33-40.

25 Исследования точности построения цифровых моделей рельефа техногенных массивов по данным спутниковых определений координат / М. Я. Брынь, М. Г. Мустафин, Д. Р. Баширова, Б. Ю. Васильев. – Текст : непосредственный // Записки Горного института. – 2025. – Т. 271. – С. 95–107.

26 Карпик, А. П. О направлении развития опорной геодезической сети России как элемента единой системы координатно-временного и навигационного обеспечения / А. П. Карпик, Л. А. Липатников, Е. К. Лагутина. – Текст : непосредственный // Гироскопия и навигация. – 2016. – Т. 24, № 2 (93). – С. 87–94. – DOI 10.17285/0869-7035.2016.24.2.087-094.

27 Карпик, А. П. Проектирование опорной межевой сети для осуществления кадастровой деятельности в территориальном образовании / А. П. Карпик, Е. И. Аврунев, Е. С. Моргоева. – Текст : непосредственный // Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения : материалы Второй национальной научно-практической конференции с Международным участием в рамках 23-й международной конференции и выставки «Нефть и газ Сахалина 2019», Южно-Сахалинск, 24–26 сентября 2019 года / ред. Л. М. Богомолов, В. А. Мелкий. – Южно-Сахалинск, 2019. – С. 44–50.

28 Комиссаров, А. В. Методика использования ВМ-технологий и лазерного сканирования для реконструкции и модернизации объектов / А. В. Комиссаров, А. В. Ремизов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 2. – С. 115–124. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-2-115-124.

29 Комплексный анализ запасов прочности трубопроводов и базовых механических свойств трубных сталей / Ю. В. Лисин, Н. А. Махутов, Д. А. Неганов, В. М. Варшицкий. – Текст : непосредственный // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2017. – Т. 7, № 1. – С. 30–38.

30 Кузнецов, Т. И. Мониторинг земель, занятых магистральными трубопроводами: нормативные требования и технологии мониторинг/ Т. И. Кузнецов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 6. – С. 173–182. – DOI 2411-1759-2025-30-6-173-182.

31 Кузнецов, Т. И. Мониторинг трасс магистральных трубопроводов с использованием средств воздушного лазерного сканирования и дифференциальной подсистемы ГНСС / Т. И. Кузнецов, Д. В. Долгополов, А. И. Барышев. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XX Международный научный конгресс, 21–23 мая 2025 г., Новосибирск : сборник материалов в 8 т. Т. 4: Международная научная конференция «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. № 4. – С. 189–196. – DOI 10.33764/2618-981X-2025-4-189-196.

32 Кузнецов, Т. И. Новые возможности для геотехнического мониторинга трубопроводных систем при использовании ГИС технологий с 3d визуализацией / Т. И. Кузнецов, Д. В. Долгополов. – Текст : непосредственный // Трубопроводный транспорт – 2017: тезисы докладов XII Международной учебно-научно-практической конференции. – Уфа, 2017. – С. 122–123.

33 Лисин, Ю. В. Выбор метода контроля планово-высотного положения трубопроводной системы «Восточная Сибирь – Тихий Океан» ВСТО-1 на участке НПС 17 - НПС 19 / Ю. В. Лисин. – Текст : непосредственный // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2013. – № 1. – С. 3–6.

34 Лисин, Ю. В. Исследования физико-химических свойств стали длительно эксплуатируемых трубопроводов, оценка ресурса безопасной работы / Ю. В. Лисин. – Текст : непосредственный // Газотранспортные системы: настоящее и будущее : тезисы докладов VI Международной научно-технической конференции GTS-2015, Москва, 28–29 октября 2015 года. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 2015. – С. 16.

35 Лисицкий, Д. В. Теоретические основы трехмерного кадастра объектов недвижимости / Д. В. Лисицкий, А. В. Чернов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 153–170.

36 Макарычева, Е. М. Геотехнический мониторинг на объектах магистральных нефтепроводов в криолитозоне / Е. М. Макарычева, Т. И. Кузнецов, А. И. Ба-

рышев. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России : сборник трудов XV Всероссийской научно-технической конференции, Москва, 26 апреля 2022 года. – Москва : Российский государственный университет нефти и газа (Национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, 2022. – С. 563–573.

37 Макарычева, Е. М. Организация системы мониторинга магистральных нефтепроводов в условиях криолитозоны / Е. М. Макарычева, Т. И. Кузнецов. – Текст : непосредственный // Мониторинг в криолитозоне : Сборник докладов Шестой конференции геокриологов России с участием российских и зарубежных ученых, инженеров и специалистов, Москва, 14–17 июня 2022 года / ред. Р. Г. Мотенко. – Москва : «КДУ», «Добросвет», 2022. – С. 268–272.

38 Макарычева, Е. М. Оценка развития криогенных процессов и их влияния на устойчивость трубопроводов и сооружений на ММГ / Е. М. Макарычева, Т. И. Кузнецов. – Текст : непосредственный // Современные исследования трансформации криосферы и вопросы геотехнической безопасности сооружений в Арктике, Салехард, 03–12 ноября 2021 года. – Салехард : Б. и., 2021. – С. 267–270. – DOI 10.7868/9785604610848072.

39 Методика производства инженерно-геодезических работ для создания 3D-модели архитектурных объектов / Г. А. Уставич, А. В. Иванов, А. С. Горилько, А. М. Астапов. – Текст : непосредственный // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVII Международный науч. конгр., 19–21 мая 2021 г., Новосибирск : сб. материалов в 8 т. Т. 1 : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. – С. 49–56. – DOI 10.33764/2618-981X-2021-1-49-56.

40 Мониторинг, моделирование и анализ поведения конструкций / С. Г. Могильный, А. А. Шоломицкий, Е. К. Лагутина, Е. Л. Соболева. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 1. – С. 25–37. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-1-25-37.

41 Мустафин, М. Г. Оценка влияния линейно-угловых параметров лазерно-сканирующей съемки на точность построения модели объекта / М. Г. Мустафин, Х. М. Шокер. – Текст : непосредственный // Маркшейдерский вестник. – 2020. –

№ 6 (139). – С. 42–50.

42 Неганов, Д. А. Обоснование прочности и долговечности эксплуатируемых объектов трубопроводного транспорта / Д. А. Неганов. – Текст : непосредственный // 16-я Международная конференция и выставка по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ «RAO/CIS Offshore 2023»: труды, Санкт-Петербург, 26–29 сентября 2023 года. – Санкт-Петербург : Издательство «Перо», 2023. – С. 217.

43 О государственной тайне : федеральный закон от 21.07.1993 № 5485-1-ФЗ. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2481/. – Текст : электронный.

44 Об утверждении Порядка установления местных систем координат : приказ Минэкономразвития России от 28.07.2017 № 383. – URL: <http://www.consultant.ru/>. – Текст : электронный.

45 Об утверждении требований к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, требований к точности и методам определения координат характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке, а также требований к определению площади здания, сооружения, помещения, машиноместа : приказ Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 23.10.2020 № П/0393. – URL: <http://www.consultant.ru/>. – Текст : электронный.

46 Обоснование ресурса безопасной эксплуатации магистральных нефтепроводов с учетом переменных рабочих режимов / Н. А. Махутов, Д. А. Неганов, Н. Е. Зорин, М. М. Гаденин. – Текст : непосредственный // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2024. – Т. 14, № 2. – С. 128–138.

47 Организация высокоточной координатной системы на объектах магистральных трубопроводов / М. С. Куприянов, М. П. Гасилин, Е. М. Макарычева, Т. И. Кузнецов. – Текст : непосредственный // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2023. – Т. 13, № 6. – С. 512–521.

48 Организация единого координатного пространства на объектах магистральных трубопроводов / М. С. Куприянов, М. П. Гасилин, Е. М. Макарычева,

Т. И. Кузнецов. – Текст : непосредственный // Мониторинг. Наука и технологии. – 2025. – № 1(63). – С. 15–20. – DOI 10.25714/MNT.2025.63.002. – EDN FOETKY.

49 Организация комплексной системы планирования мероприятий по обеспечению прочностной надежности линейной части магистральных нефтепроводов / Д. А. Неганов, Е. П. Студенов, Н. Е. Зорин, С. Н. Жулидов. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2024. – № 8. – С. 9–15. – DOI 10.24887/0028-2448-2024-8-9-15.

50 Организация системы геоинформационного мониторинга состояния земельных ресурсов прибрежной зоны Новосибирского водохранилища / А. П. Карпик, Е. И. Аврунев, Н. И. Добротворская [и др.]. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 8. – С. 133–145. – DOI 10.18799/24131830/2019/8/2219.

51 Патент № 2698411 С1 Российская Федерация, МПК G06T 17/05, G06T 17/20, G01C 3/00. Способ геодезического мониторинга деформационного состояния земной поверхности на территории разрабатываемых открытым способом крупных рудных месторождений с применением технологии лазерного сканирования: № 2018120837: заявл. 05.06.2018: опубл. 26.08.2019 / А. П. Карпик, Г. Н. Ткачева, Э. Л. Ким; заявитель СГУГиТ. – 2 с. – Текст : непосредственный.

52 Патент на изобретение RU 2558724 С2 Российская Федерация, МПК F17D 5/00. Устройство диагностического комплекса для определения положения трубопровода и способ определения относительного перемещения трубопровода по результатам двух и более инспекционных пропусков диагностического комплекса для определения положения трубопровода: № 2013155927 заявл. 08.07.2015: опубл.:10.08.2015 / А. Д. Мирошник, С. Ф. Гурин, М. Ю. Кирьянов, В. В. Орлов; заявитель Открытое акционерное общество «Акционерная компания по транспорту нефти «Транснефть»» (ОАО «АК «Транснефть»»), Акционерное общество «Транснефть-Диаскан» (АО «Транснефть-Диаскан»). – Текст : электронный.

53 Патент на полезную модель № 182554 U1 Российская Федерация, МПК F17D 5/00. Устройство определения планово-высотного положения магистрального нефтепровода: № 2018118608: заявл. 21.05.2018: опубл. 22.08.2018 / А. Г. Воронов,

С. Н. Чужин, А. А. Захаров, Т. И. Кузнецов, В. В. Полуянов, С. А. Шебунов, А. Ф. Пузиков, А. А. Пешков, С. М. Максимова, В. А. Бронников; заявитель Публичное акционерное общество «Транснефть» (ПАО «Транснефть»), Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть – Восток» (ООО «Транснефть – Восток»), Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть»). – 2 с. – Текст : непосредственный.

54 Перспективы исследований в области анализа риска для совершенствования государственного регулирования и повышения безопасности объектов нефтегазохимического комплекса / С. Г. Радионова, С. А. Жулина, Н. А. Махутов [и др.]. – Текст : непосредственный // Безопасность труда в промышленности. – 2017. – № 9. – С. 5–13. – DOI 10.24000/0409-2961-2017-9-5-13.

55 Подрядчикова, Е. Д. Особенности использования информационных моделей при инженерно-геодезических изысканиях / Е. Д. Подрядчикова. – Текст : непосредственный // Инновационные перспективы Донбасса : материалы 9-й Международной научно-практической конференции, Донецк, 23–25 мая 2023 года. – Донецк : Донецкий национальный технический университет, 2023. – С. 15–21.

56 Подрядчикова, Е. Д. Совместное применение технологий цифровой аэрофотосъемки и воздушного лазерного сканирования на территории деятельности земельно-имущественных комплексов нефтяных и газовых месторождений / Е. Д. Подрядчикова, М. А. Подковырова. – Текст : непосредственный // Нефть и газ: технологии и инновации : материалы Национальной научно-практической конференции. В 2-х томах, Тюмень, 18–19 ноября 2021 года / Отв. редактор Н. В. Гумерова. Том II. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2021. – С. 37–41.

57 Построение трехмерных моделей объектов магистрального трубопровода по данным лазерного сканирования для формирования границы отвода земель / Д. В. Долгополов, Т. И. Кузнецов, А. Г. Ахундов, А. И. Барышев, В. А. Мелкий. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 30, № 4. – С. 117–130. – DOI 10.33764/2411-1759-2025-30-4-117-130.

58 Применение воздушного лазерного сканирования для геотехнического

мониторинга объектов магистрального трубопровода / Е. М. Макарычева, Э. Р. Ибрагимов, Т. И. Кузнецов, К. Ю. Шуршин. – Текст : непосредственный // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2019. – Т. 9, № 1. – С. 21–31. – DOI 10.28999/2541-9595-2019-9-1-21-31.

59 Применение технологии воздушного лазерного сканирования при проведении геотехнического мониторинга на трубопроводном транспорте / Д. В. Долгополов, М. Ю. Баборыкин, Е. В. Жидиляева, В. А. Мелкий. – Текст : непосредственный // Мониторинг. Наука и технологии. – 2022. – № 2 (52). – С. 25–34. – DOI 10.25714/MNT.2022.52.003.

60 Проблемы обоснования прочности и безопасности магистральных трубопроводов с учетом стадий жизненного цикла, опасных техногенных и природных факторов / Н. А. Махутов, В. А. Надеин, Ж. М. Бледнова [и др.]. – Текст : непосредственный // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2021. – № 1. – С. 5–17. – DOI 10.36535/0869-4176-2021-01-1.

61 Прогнозирование процесса перемещений плотины Саяно-Шушенской ГЭС на этапе эксплуатации 2007–2009 годов / Ю. П. Гуляев, В. С. Хорошилов, Д. В. Лисицкий, Н. Н. Кобелева. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 61–66. – EDN UXVXRP.

62 Проскурин, А. Г. Формирование земельного участка полосы отвода автомобильной дороги: правила и особенности / А. Г. Проскурин, А. П. Сизов. – Текст : непосредственный // Приложение к журналу Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Сборник статей по итогам научно-технической конференции. – 2019. – № 10-2. – С. 90–92.

63 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017662021 Российская Федерация. Модель данных для расчетов планово-высотного положения с использованием программно-расчетного модуля : № 2017618892 : заявл. 01.09.2017 : опубл. 26.10.2017 / В. И. Суриков, Э. Р. Ибрагимов, Т. И. Кузнецов, Д. В. Долгополов, А. А. Захаров, С. Н. Чужинин, П. А. Ревель-Муроз, А. И. Барышев, Д. Ю. Федоренко; заявитель Публичное акционерное общество «Транснефть» (ПАО

«Транснефть»), Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть»). – Текст : электронный.

64 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023680590 Российская Федерация. Программный модуль автоматизированного анализа плано-высотного положения объектов МТ и их динамики по данным ВЛС: № 2023680005: заявл. 29.09.2023: опубл. 03.10.2023 / Т. И. Кузнецов, А. И. Барышев, Е. А. Покровская, А. Л. Федотов, Е. М. Макарычева, Ю. А. Бухарин; заявитель Публичное акционерное общество «Транснефть», Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта», Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть – Восток», Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть – Дальний Восток», Акционерное общество «Транснефть – Сибирь». – Текст : электронный.

65 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023682372 Российская Федерация. Программный модуль автоматизированного анализа параметров сложных геологических условий расположения объектов МТ и их динамики по данным ВЛС : № 2023680694 : заявл. 06.10.2023 : опубл. 25.10.2023 / Т. И. Кузнецов, А. И. Барышев, Е. А. Покровская, А. Л. Федотов, Е. М. Макарычева, В. О. Михайлов; заявитель Публичное акционерное общество «Транснефть», Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта», Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть – Восток», Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть – Дальний Восток», Акционерное общество «Транснефть – Сибирь». – Текст : электронный.

66 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025691119 Российская Федерация. Программный модуль автоматизированного определения плано-высотного положения магистрального трубопровода: № 2025691119: заявл. 21.10.2025: опубл. 12.11.2025 / Т. И. Кузнецов, А. И. Барышев, Е. В. Ольшевский, А. Л. Федотов, Ю. А. Бухаркин, Д. С. Курдыш; заявитель Публичное акционерное общество «Транснефть», Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта»,

Акционерное общество «Черноморские магистральные нефтепроводы». – Текст : электронный.

67 Сизов, А. П. Мониторинг и охрана городских земель : учебное пособие 2-е изд., перераб. и доп. / А. П. Сизов. – Москва : Изд-во МИИГАиК, 2009. – 264 с. – ISBN 978-5-91188-013-2. – Текст : непосредственный.

68 Совершенствование методов и средств прогнозных расчетов ореолов оттаивания, просадки и величины напряженно-деформированного состояния трубопроводов, проложенных в многолетнемерзлых грунтах / С. Г. Радионова, Ю. В. Лисин, Т. И. Кузнецов, А. А. Коротков, Е. Н. Фигаров. – Текст : непосредственный // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2016. – № 1 (21). – С. 39–43.

69 Создание растров высокой информативности по данным лазерного сканирования и аэрофотосъемки / В. А. Вальков, К. П. Виноградов, Е. О. Валькова, М. Г. Мустафин. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2022. – Т. 83, № 11. – С. 40–49. – DOI 10.22389/0016-7126-2022-989-11-40-49.

70 Сосновский, Л. А. О мультидисциплинарном подходе к анализу и прогнозированию эксплуатационной повреждаемости и ресурса линейных участков нефтепровода с позиций трибофатики / Л. А. Сосновский, Ю. В. Лисин, А. Н. Козик. – Текст : непосредственный // Механика машин, механизмов и материалов. – 2017. – № 3 (40). – С. 75–84.

71 СП 11-104–97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Часть II. Выполнение съемки подземных коммуникаций при инженерно-геодезических изысканиях для строительства. – Москва, 1997. – Текст : непосредственный.

72 СП 233.1326000.2015 «Инфраструктура железнодорожного транспорта. Высокоточная координатная система» (утв. приказом Министерства транспорта РФ от 17.06.2015 №191). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124325>. – Текст : электронный.

73 СП 317.1325800.2017. Инженерно-геодезические изыскания для строительства. Общие правила производства работ» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 22.12.2017 №1702/пр). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/556610334>. – Текст : электронный.

74 СП 47.13330.2016. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения : утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30.12.2016 № 1033/пр : дата введения 2017-07-01 / разработан «АИИС». – Москва : ЦНИИГАиК, 2016. – Текст : непосредственный.

75 Струков, А. Б. Радарная интерферометрия как альтернатива классическим методам геотехнического мониторинга в ПАО «Транснефть» / А. Б. Струков, И. А. Баринов – Текст : непосредственный // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2025. – Т. 15. – № 4. – С. 304–310.

76 Трубина, Л. К. Методические подходы к созданию 3d-моделей для исследования экологического состояния городских территорий / Л. К. Трубина, Т. А. Хлебникова, О. Н. Николаева. – Текст : непосредственный // География и природные ресурсы. – 2017. – № 2. – С. 199–205. – DOI 10.21782/GIPR0206-1619-2017-2(199-205).

77 Трубина, Л. К. Некоторые аспекты учета экологической составляющей при оценке объектов недвижимости / Л. К. Трубина. – Текст : непосредственный // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2018. – Т. 1. – С. 149–152.

78 Хатум, Х. М. Оптимизация места расположения роботизированных станций наблюдений за деформациями зданий и сооружений / Х. М. Хатум, М. Г. Мустафин. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2020. – Т. 81, № 9. – С. 2–13. – DOI 10.22389/0016-7126-2020-963-9-2-13.

79 Хорошилов, В. С. Математическое моделирование деформационных процессов основного технологического оборудования камеры приема и пуска средств очистки и диагностики магистрального трубопровода / В. С. Хорошилов, А. В. Комиссаров, Н. Н. Кобелева. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 3. – С. 36–43. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-3-36-43.

80 Хренов, Н. Н. Основы комплексной диагностики северных трубопроводов. Наземные исследования. / Н. Н. Хренов. – Москва : ГазОйлпресс, 2005. – 608 с. – Текст : непосредственный

81 Хренов, Н. Н. Проблема обеспечения надежной эксплуатации «холодных» трубопроводов в многолетнемерзлых грунтах / Н. Н. Хренов. – Текст : непосредственный // Газовая промышленность. – 2003. – № 5. – С. 50–51.

82 Хренов, Н. Н. Проблемы обеспечения надежности газопроводов в криолитозоне Западной Сибири / Н. Н. Хренов. – Текст : непосредственный // Криосфера Земли. – 2005. – С. 81–88.

83 Чилингер, Л. Н. Границы водных объектов и их водоохранных зон на заболоченных территориях (на примере реки Иксы, Томская область, Российская Федерация) / Л. Н. Чилингер, Н. В. Гатина, Е. Ю. Пасечник. Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335, № 1. – С. 212–220. – DOI 10.18799/24131830/2024/1/4429.

84 Чилингер, Л. Н. Технологическая схема установления границ водоохранных зон в местной системе координат для внесения в Единый государственный реестр недвижимости / Л. Н. Чилингер, М. В. Козина, Е. И. Аврунев. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофото съемка. – 2020. – Т. 64, № 5. – С. 576–583. – DOI 10.30533/0536-101X-2020-64-5-576-583.

85 Шарафутдинова, А. А. Расчет параметров наземного лазерного сканирования промышленных объектов / А. А. Шарафутдинова, М. Я. Брынть. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2023. – Т. 28, № 2. – С. 26–39. – DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-2-26-39.

86 Шарафутдинова, А. А. Требования к точности наземного лазерного сканирования для решения инженерно-геодезических задач с помощью цифрового информационного моделирования / А. А. Шарафутдинова, М. Я. Брынть. – Текст : непосредственный // Геодезия и картография. – 2021. – Т. 82, № 8. – С. 2–12. – DOI 10.22389/0016-7126-2021-974-8-2-12.

87 Шоломицкий, А. А. Высокоточные геодезические измерения при деформационном мониторинге аквапарка / А. А. Шоломицкий, Е. К. Лагутина, Е. Л. Соболева. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 3. – С. 45–59.

88 Шоломицкий, А. А. Геодезический мониторинг большепролетных сооружений с пространственной металлической конструкцией / А. А. Шоломицкий, Б. Н. Ахмедов. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 117–126. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-117-126.

89 Шоломицкий, А. А. Применение лазерного сканирования для мониторинга большепролетных сооружений / А. А. Шоломицкий, Е. К. Лагутина, Е. Л. Соболева. – Текст : непосредственный // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 43–57.

90 3D-ГИС для сопровождения работ по геотехническому мониторингу объектов магистральных трубопроводов / Е. М. Макарычева, Т. И. Кузнецов, С. А. Половков, А. И. Барышев, Е. А. Покровская.. – Текст : непосредственный // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2020. – Т. 10, № 4. – С. 342–351. – DOI 10.28999/2541-9595-2020-10-4-342-351.

91 Appropriate Technologies for Good Land Administration II – 3D Cadastre / J. E. Stoter, P. J. M. van Oosterom, H. D. Ploeger, H. Aalders. – Текст : непосредственный // FIG Working Week 2004 Athens, Greece, May 22–27, 2004. TS25.1 Conceptual 3D Cadastral Model Applied in Several Countries.

92 Dallimore, S. R. Experimental observations differential heaving and thaw settlement around a chilled pipeline in pipelines and frost heave / S. R. Dallimore, H. Crawford. – Текст : непосредственный // Proceedings of a seminar held at Centre de Geomorphologie. – Caen. France, 1985. – P. 5–17.

93 Field Investigation of Soil Heave by a Large Diameter Chilled Gas Pipeline Experiment, Fairbanks, Alaska / Scott, L. Huang; Matthew T. Bray. Satoshi Akagawa and Masami Fukuda. – Текст : непосредственный // Journal of Cold Regions Engineering. – 2004. – V.18, No. 1. – DOI:10.1061/(ASCE)0887-381X(2004)18:1(2).

94 Geotechnical Monitoring of Pipelines Located in Difficult Climatic Conditions / Е. М. Макарычева, V. I. Surikov, T. I. Kuznetsov, D. V. Dolgoplov. – Текст : непосредственный // 13 Pipeline Technology Conference, Berlin, 12–14 March 2018. – Berlin: ESTREL CONVENTION CENTER, 2018. – P. 14–20.

95 Gielsdorf, F. Deformation analysis with 3d laser scanning. / F. Gielsdorf, L.

Gruendig, I. Milev. – Текст : непосредственный // LNEC, Lisbon. –2008. – 9 p.

96 Iliopoulos, G. Identification and Visualization of Unscanned Areas Within a Building Based on the Building's Outer Hull / G. Iliopoulos, R. Voûte, P. van Oosterom. – Текст : непосредственный // AGILE: GIScience Series. – 2025. – Vol. 6. – P. 1–9. DOI: 10.5194/agile-giss-6-28-2025.

97 Initial Analysis of the Second FIG 3D Cadastres Questionnaire: Status in 2014 and Expectations for 2018 / P. van Oosterom, J. Stoter, H. Ploeger, C. Lemmen, R. Thompson, S. Karki. – Текст : электронный // 4th International Workshop on 3D Cadastres, Dubai, United Arab Emirates, 9–11 November. – 2014. – URL: http://www.gdmc.nl/publications/2014/Second_FIG_3D_Cadastres_Questionnaire.pdf. – Загл. с экрана.

98 Kawasaki, M. Integrating Subsurface Data into Urban Planning for Climate Adaptation Using Land Administration Domain Model Part 5/ M. Kawasaki, L. Thomas, U. Hackauf, R. Krogt, W. Visser, P. van Oosterom. – Текст : непосредственный // Survey Review. – 2025. – P. 1–16. – DOI: 10.1080/00396265.2025.2539606.

99 Konrad, J. Frost Heave Prediction of Chilled Pipelines Buried in Unfrozen Soils / J. Konrad, N. Morgenstern. – Текст : непосредственный // Canadian Geotechnical Journal. – 1984. – Vol. 21. – P. 100–115. – DOI: 10.1139/t84-008.

100 Makarycheva, E. M. Geotechnical Monitoring of Pipeline Systems in Permafrost Conditions / E. M. Makarycheva, T. I. Kuznetsov, E. R. Ibragimov. – Текст : непосредственный // International Conference "Solving the puzzles from Cryosphere" : Program, Abstracts, Pushchino, 15–18 апреля 2019 года. – Pushchino: Б. и., 2019. – P. 130–132.

101 Makarycheva, E. M. Methods of Main Oil Pipeline Geotechnical Monitoring in Permafrost Zone / E. M. Makarycheva, S. Vitaly Ivanovich, T. I. Kuznetsov. – Текст : непосредственный // 5th European Conference On Permafrost, Chamonix. – Chamonix : Laboratoire EDYTEM, CNRS, Université Savoie Mont-Blanc, 2018. – P. 178–179.

102 Milev, I. An integrated model for physical interpretation of deformations / I. Milev, L. Gruendig. – Текст : электронный // 10th FIG International Symposium on Deformation Measurements : материалы симпозиума. – Orange, California, USA, 19–

22 марта 2001 года. – URL: https://www.researchgate.net/publication/2372352-29_an_integrated_model_for_physical_interpretation_of_deformations.

103 Milev, I. Consistent Maintenance Tools Based on the Rail Track Data Base of German Rail / I. Milev, L. Gruendig. – Текст : непосредственный // INGEO 2004 and FIG Regional Central and Eastern European Conference on Engineering Surveying : conference proceedings. – Bratislava, Slovakia, 11–13 November 2004. – P. 1–8.

104 Milev, I. Geometrical Approximation and Segmentation of Laser Scanning Point Clouds / I. Milev, L. Gruendig. – Текст : электронный // 5th FIG Regional Conference for Africa: Promoting Land Administration and Good Governance : conference proceedings. – Accra, Ghana, 8–11 March 2006. – URL: https://www.researchgate.net/publication/254622441_Geometrical_Approximation_and_Segmentation_of_Laser_Scanning_Point_Clouds?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7InBhZ2UOiJzY2llbnRpZmljQ29udHJpYnV0aW9ucyIsInByZXZpb3VzUGFnZSI6bnVsbH19.

105 Milev, I. New Tools for Terrestrial Laser Scanning Applied for Monitoring Rails and Buildings / I. Milev, L. Gruendig. – Текст : электронный // Terrestrial Laser Scanning I. FIG Working Week 2007 : Strategic Integration of Surveying Services. – Hong Kong SAR, China, 13–17 May 2007. – URL: https://www.researchgate.net/publication/251806136_New_Tools_for_Terrestrial_Laser_Scanning_Applied_for_Monitoring_Rails_and_Buildings?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7InBhZ2UOiJzY2llbnRpZmljQ29udHJpYnV0aW9ucyIsInByZXZpb3VzUGFnZSI6bnVsbH19.

106 Nixon, J. F. Discrete Ice Lens Theory for Frost Heave beneath Pipelines / J. F. Nixon. – Текст : непосредственный // Canadian Geotechnical Journal. – 1992. – Vol. 29, No. 3. – P. 487–497. – DOI: 10.1139/t92-053.

107 Oosterom, P. J. M. Aspects of a 4D Cadastre: A First Exploration / P. J. M. van Oosterom, J. Stoter, C. Lemmen. – Текст : непосредственный // Shaping the Change : XXIII FIG Congress, Munich, Germany, 8–13 October 2006. – 2006. – 23 p.

108 Rajani, B. Stress History and Vertical Displacement Matching for the Pipeline at Caen France Subjected to Frost Heave / B. Rajani, N. Morgenstern. – Текст : непосредственный // Gas Pipelines, Oil Pipelines and Civil Engineering in Arctic Climates, Canada -France Seminar. – 1993. – P. 34–46.

109 Thomas, L. Pipeline in Permafrost and Freezing Ground / L. Thomas, T. L. White. – Текст : непосредственный // Engineering Resource Library. – 2006. – Vol. 14. – P. 1400.

110 Williams, P. J. Pipelines and Permafrost: Science in a Cold Climate / P. J. Williams. – Текст : непосредственный // Arctic and Alpine Research. – 1988. – Vol. 20, No. 1. – P. 127.

111 Williams, P. J. Pipelines and Permafrost: Science in a Cold Climate / P. J. Williams. – Текст : непосредственный // McGill-Queen's University Press, 1986. JSTOR, <http://www.jstor.org/stable/j.ctt7zt0n2>. Accessed 7 Aug. 2025.

112 Williams, P. J. Pipelines and Permafrost: Science in a Cold Climate / P. J. Williams. – Текст : непосредственный. – Ottawa : Carleton University Press, 1989. – 137 p.

113 Williams, P. J. The France-Canada joint study of deformation of an experimental pipeline by differential frost heave // P. J. Williams, D.W. Riseborough, M. W. Smith. – Текст : непосредственный // Proceedings of the Second International Offshore Engineering Conference. San Francisco, USA, 1992. – P. 40–45.

114 Yu, Yingwen. 3D Gaussian Splatting for Modern Architectural Heritage: Integrating UAV-Based Data Acquisition and Advanced Photorealistic 3D Techniques / Yu Yingwen & Verbree, Edward & Oosterom Peter & Pottgiesser Uta. – Текст : непосредственный // AGILE: GIScience Series. 6. 1–9. DOI: 10.5194/agile-giss-6-51-2025.

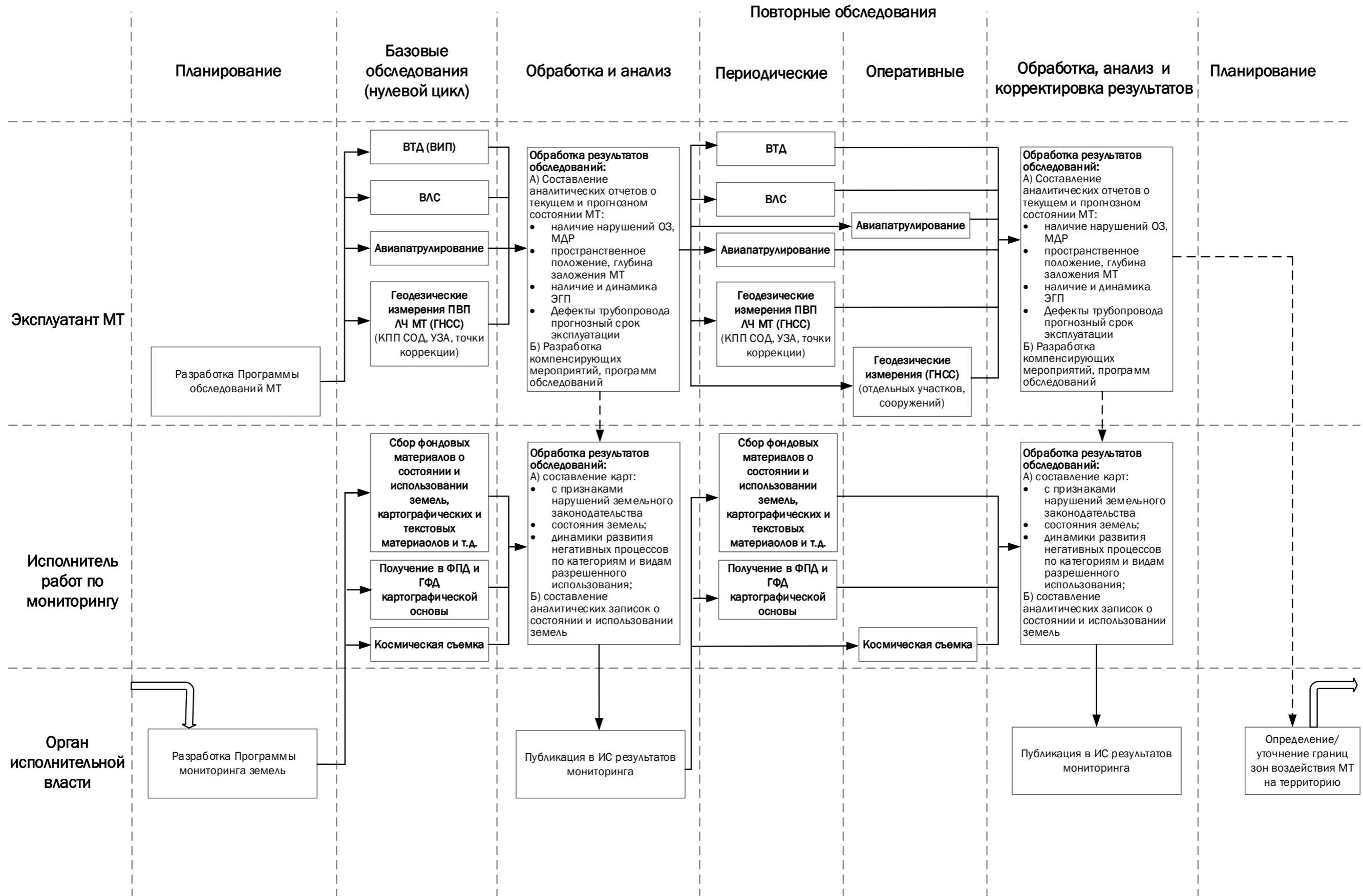
115 Zlatanova, Sisi. 3D Modelling for Augmented Reality / Zlatanova Sisi. – Текст : непосредственный // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXIV, Part 2W2, The 3rd ISPRS Workshop on Dynamic and Multi-Dimensional GIS and The 10th Annual Conference of CPGIS on Geoinformatics, Bangkok, 2001.

116 Zlatanova, Sisi. Knowledge-based automatic 3D line extraction from close range images // Zlatanova Sisi & Heuvel F. – Текст : непосредственный // Proceedings of ISPRS, Volume 34, 5, Corfu, September 6–11, 2002.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

СХЕМА ПРОЦЕССА КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ЗЕМЕЛЬ, ЗАНЯТЫХ МАГИСТРАЛЬНЫМИ ТРУБОПРОВОДАМИ



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

**ИТОГОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ АЛГОРИТМА КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ВЛС, ВИП, ГНСС), ПО РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКЕ**

№, п/п	Участок обследования	Секция/дефект	$ \Delta X $, м	$ \Delta Y $, м	Отклонение расчетного планового положения от фактического ($ \Delta_{\text{план}} $), м	Расчетное СКП планового положения, м	Расчетная предельная погрешность определения планового положения, м	Оценка отклонений расчетного планового положения от фактического	Нормативное СКП планового положения, м	Оценка о соответствии расчетной СКП нормативной	Отклонение расчетного высотного положения от фактического ($ \Delta_{\text{высота}} $), м	Расчетное СКП высотного положения, м	Расчетная предельная погрешность определения высотного положения, м	Оценка отклонений высотного положения	Заключение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	МН – 1	секция 12550	0,14	0,10	0,17	0,37	$\pm 1,10$	Соответствует расчетной СКП	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,23	0,23	$\pm 0,70$	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетным СКП в плане и по высоте
2	МН – 1	секция 70880	0,27	0,44	0,51	0,93	$\pm 2,79$	Соответствует расчетной СКП	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,20	0,20	$\pm 0,60$	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетным СКП в плане и по высоте
3	МН – 1	секция 70890	0,38	0,71	0,80	0,90	$\pm 2,69$	Соответствует расчетной СКП	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,20	0,20	$\pm 0,61$	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетным СКП в плане и по высоте
4	МН – 1	секция 140120	0,43	0,31	0,53	0,65	$\pm 1,94$	Соответствует расчетной СКП	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,04	0,19	$\pm 0,57$	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетным СКП в плане, соответствует по высоте
5	МН – 1	секция 140430	0,67	0,19	0,70	0,62	$\pm 1,86$	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,19	0,19	$\pm 0,57$	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения в плане, соответствует расчетной СКП по высоте
6	МН – 2	секция 103870	0,31	0,36	0,47	0,28	$\pm 0,84$	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,47	0,21	$\pm 0,62$	Соответствует расчетной предельной погрешности определения высоты	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения в плане, соответствует по высоте
7	МН – 2	секция 103930	0,13	0,03	0,14	0,25	$\pm 0,74$	Соответствует расчетной СКП	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,14	0,23	$\pm 0,70$	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетным СКП в плане и по высоте
8	МН – 2	секция 104740	0,10	0,06	0,12	0,39	$\pm 1,18$	Соответствует расчетной СКП	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,12	0,19	$\pm 0,56$	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетным СКП в плане и по высоте
9	МН – 2	секция 106130	0,49	-0,12	0,51	0,26	$\pm 0,77$	Соответствует расчетной предельной	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,51	0,20	$\pm 0,61$	Соответствует расчетной предельной погрешности	Соответствует расчетной пре-

№, п/п	Участок обследования	Секция/дефект	$ \Delta X $, м	$ \Delta Y $, м	Отклонение расчетного планового положения от фактического ($ \Delta_{\text{план}} $), м	Расчетное СКП планового положения, м	Расчетная предельная погрешность определения планового положения, м	Оценка отклонений расчетного планового положения от фактического	Нормативное СКП планового положения, м	Оценка о соответствии расчетной СКП нормативной	Отклонение расчетного высотного положения от фактического ($ \Delta_{\text{высота}} $), м	Расчетное СКП высотного положения, м	Расчетная предельная погрешность определения высотного положения, м	Оценка отклонений высотного положения	Заключение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
								погрешности измерения						определения высоты	дельной погрешности измерения в плане и по высоте
10	МН – 2	секция 125290	0,07	0,01	0,07	0,30	±0,91	Соответствует расчетной СКП	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,06	0,28	±0,84	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетным СКП в плане и по высоте
11	МН – 2	секция 141531	0,07	0,14	0,16	0,24	±0,73	Соответствует расчетной СКП	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,05	0,24	±0,73	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетным СКП в плане и по высоте
12	МН – 2	секция 141631	0,10	0,22	0,24	0,30	±0,91	Соответствует расчетной СКП	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,06	0,26	±0,77	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетным СКП в плане и по высоте
13	МН – 2	секция 148041	0,47	-0,03	0,47	0,60	±1,80	Соответствует расчетной СКП	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,03	0,34	±1,03	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетным СКП в плане и по высоте
14	МН – 2	секция 164660	0,23	0,64	0,67	0,38	±1,15	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,04	0,28	±0,84	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения в плане, соответствует расчетной СКП по высоте
15	МН – 3	секция 170521	0,38	0,34	0,51	0,30	±0,90	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,04	0,30	±0,89	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения в плане, соответствует расчетной СКП по высоте
16	МН – 3	секция 170522	0,39	0,33	0,51	0,30	±0,90	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,05	0,30	±0,89	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения в плане, соответствует расчетной СКП по высоте
17	МН – 3	секция 76721	0,91	0,26	0,94	0,38	±1,14	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,03	0,29	±0,88	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения в плане, соответствует расчетной СКП по высоте

№, п/п	Участок обследования	Секция/дефект	$ \Delta X $, м	$ \Delta Y $, м	Отклонение расчетного планового положения от фактического ($ \Delta_{\text{план}} $), м	Расчетное СКП планового положения, м	Расчетная предельная погрешность определения планового положения, м	Оценка отклонений расчетного планового положения от фактического	Нормативное СКП планового положения, м	Оценка о соответствии расчетной СКП нормативной	Отклонение расчетного высотного положения от фактического ($ \Delta_{\text{высота}} $), м	Расчетное СКП высотного положения, м	Расчетная предельная погрешность определения высотного положения, м	Оценка отклонений высотного положения	Заключение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
18	МН – 3	секция 164800	0,15	0,18	0,23	0,22	$\pm 0,66$	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения	2,5	Соответствует нормативной СКП	0,19	0,19	$\pm 0,56$	Соответствует расчетной СКП	Соответствует расчетной предельной погрешности измерения в плане, соответствует расчетной СКП по высоте

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

КОПИИ ДОКУМЕНТОВ ПАТЕНТНОГО ПРАВА

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2025691119

**Программный модуль автоматизированного определения
плано-высотного положения магистрального
трубопровода**

Правообладатели: *Публичное акционерное общество «Транснефть» (ПАО «Транснефть») (RU), Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть») (RU), Акционерное общество «Черноморские магистральные нефтепроводы» (АО «Черномортранснефть») (RU)*

Авторы: *Кузнецов Тарас Иванович (RU), Барышев Александр Иванович (RU), Ольшевский Евгений Вячеславович (RU), Федотов Алексей Леонидович (RU), Бухаркин Юрий Анатольевич (RU), Курдыши Дмитрий Сергеевич (RU)*

Заявка № 2025688632

Дата поступления 21 октября 2025 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 12 ноября 2025 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

документ подписан электронной подписью
Сертификат 00a570e4f7d4c384531b4b8818a75f29506
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 04.07.2025 по 28.11.2026

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023680590

Программный модуль автоматизированного анализа планово-высотного положения объектов МТ и их динамики по данным ВЛС

Правообладатели: *Публичное акционерное общество «Транснефть» (ПАО «Транснефть») (RU), Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть») (RU), Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть - Восток» (ООО «Транснефть - Восток») (RU), Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть - Дальний Восток» (ООО «Транснефть - Дальний Восток») (RU), Акционерное общество «Транснефть - Сибирь» (АО «Транснефть - Сибирь») (RU)*

Авторы: *Кузнецов Тарас Иванович (RU), Барышев Александр Иванович (RU), Покровская Елена Анатольевна (RU), Федотов Алексей Леонидович (RU), Макарычева Елизавета Михайловна (RU), Бухаркин Юрий Анатольевич (RU)*

Заявка № 2023680005

Дата поступления 29 сентября 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 03 октября 2023 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 429b630f631053104ba196183b73b4aa7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 10.05.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023682372

**Программный модуль автоматизированного анализа параметров
сложных геологических условий расположения объектов МГ и их
динамики по данным ВЛС**

Правообладатели: *Публичное акционерное общество «Транснефть» (ПАО «Транснефть»)* (RU), *Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть»)* (RU), *Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть – Восток» (ООО «Транснефть – Восток»)* (RU), *Общество с ограниченной ответственностью «Транснефть – Дальний Восток» (ООО «Транснефть – Дальний Восток»)* (RU), *Акционерное общество «Транснефть - Сибирь» (АО «Транснефть - Сибирь»)* (RU)

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2023680694

Дата поступления 06 октября 2023 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 25 октября 2023 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 4296620e1861164ba196183b73b4aa7
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 19.05.2023 по 02.08.2024

Ю.С. Зубов

Авторы: *Кузнецов Тарас Иванович (RU), Барышев Александр Иванович (RU),
Покровская Елена Анатольевна (RU), Федотов Алексей Леонидович (RU),
Макарычева Елизавета Михайловна (RU), Михайлов Владимир Олегович
(RU)*

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2017662021

**МОДЕЛЬ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТОВ
ПЛАНОВО-ВЫСОТНОГО ПОЛОЖЕНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНО-РАСЧЕТНОГО
МОДУЛЯ**

Правообладатели: *Публичное акционерное общество «Транснефть» (ПАО «Транснефть»)* (RU), *Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта» (ООО «НИИ Транснефть»)* (RU)

Авторы: *см. на обороте*



Заявка № 2017618892

Дата поступления 01 сентября 2017 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 26 октября 2017 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

Авторы: *Суриков Виталий Иванович (RU), Ибрагимов Эдуард Ревинерович (RU), Кузнецов Тарас Иванович (RU), Долгополов Данил Валентинович (RU), Захаров Андрей Александрович (RU), Чужинов Сергей Николаевич (RU), Ревель-Муроз Павел Александрович (RU), Барышев Александр Иванович (RU), Федоренко Дмитрий Юрьевич (RU)*

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 182554

**Устройство определения планово-высотного положения
магистрального нефтепровода**

Патентообладатели: *Публичное акционерное общество
"Транснефть" (ПАО "Транснефть") (RU), Общество с
ограниченной ответственностью "Транснефть - Восток"
(ООО "Транснефть - Восток") (RU), Общество с
ограниченной ответственностью "Научно-
исследовательский институт трубопроводного
транспорта" (ООО "НИИ Транснефть") (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2018118608

Приоритет полезной модели 21 мая 2018 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 22 августа 2018 г.

Срок действия исключительного права
на полезную модель истекает 21 мая 2028 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

Авторы: *Воронов Александр Геннадьевич (RU), Чужинов Сергей
Николаевич (RU), Захаров Андрей Александрович (RU), Кузнецов
Тарас Иванович (RU), Полуянов Василий Валерьевич (RU),
Шебунов Сергей Александрович (RU), Пузиков Александр
Федорович (RU), Пешков Алексей Александрович (RU), Максимова
Светлана Михайловна (RU), Бронников Виктор Александрович
(RU)*

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

ГОСТЫ, РАЗРАБОТАННЫЕ АВТОРОМ

ГОСТ 34968-2023. Межгосударственный стандарт. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Инженерные изыскания (введен в действие Приказом Росстандарта от 20.07.2023 № 566-ст)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
34968—
2023

Магистральный трубопроводный транспорт
нефти и нефтепродуктов
ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

УДК 624.131.3:006.354

МКС 75.200

~~ЮКПД 42.21.11.110~~

Ключевые слова: магистральный трубопровод, инженерные изыскания, инженерно-геодезические изыскания, инженерно-геологические изыскания инженерно-геотехнические изыскания, инженерно-гидрометеорологические изыскания, инженерно-экологические изыскания

Руководитель организации-разработчика:

Первый заместитель генерального
директора Общества с ограниченной
ответственностью
«Научно-исследовательский институт
трубопроводного транспорта»
(ООО «НИИ Транснефть»)

Д.А. Неганов

Руководитель разработки:

Директор центра мониторинга и
геоинформационных систем объектов
трубопроводного транспорта

Э.Р. Ибрагимов

Исполнители:

Начальник отдела геотехнических
обследований объектов мониторинга

Т.И. Кузнецов

Ведущий научный сотрудник лаборатории
геотехнических обследований

Е.С. Вострцова



ГОСТ Р 71416-2024. Национальный стандарт Российской Федерации. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Определение границ и площади отвода земель для объектов магистрального трубопровода (утвержден и введен в действие Приказом Росстандарта от 06.06.2024 № 708-ст)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
71416—
2024

**Магистральный трубопроводный транспорт нефти
и нефтепродуктов**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ И ПЛОЩАДИ
ОТВОДА ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ
МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА**

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

ГОСТ Р –2024

УДК: 332.334:006.354

ОКС 91.040.01

Ключевые слова: границы отвода земель, объект магистрального трубопровода, площадь отвода земель, осредненные значения ширины полосы отвода и площади участка земель, полоса отвода, размещение объекта магистрального трубопровода, участок земель

Руководитель организации-разработчика:

Первый заместитель
генерального директора
ООО «НИИ Транснефть»

Д.А. Неганов

Руководитель разработки:

Заместитель директора центра мониторинга
и геоинформационных систем объектов
трубопроводного транспорта
ООО «НИИ Транснефть»

Т.И. Кузнецов

Исполнитель:

Заведующий лабораторией
геотехнических обследований
ООО «НИИ Транснефть»

В.В. Полуянов

Руководитель организации-соисполнителя:

Генеральный директор
АО «НИИСТ»

В.Е. Еремеев

Руководитель разработки:

Директор центра технологии строительства
нефтегазопроводов и хранилищ
АО «НИИСТ»

А.О. Иванцов

Исполнитель:

Научный сотрудник лаборатории
технологии строительства
нефтегазопроводов и хранилищ
АО «НИИСТ»

А.И. Латыпова

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

АКТ О ВНЕДРЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



УТВЕРЖДАЮ
Первый заместитель
генерального директора
ООО «НИИ Транснефть»
Неганов Д.А.
«07» _____ 2025 г.

**Акт
о внедрении результатов научных исследований**

Настоящий акт подтверждает, что Кузнецов Т.И. выполнил, обосновал и подтвердил практическую ценность при определении пространственного положения линейной части магистрального трубопровода, земельных участков с использованием средств воздушного лазерного сканирования и внутритрубных инспекционных приборов, оборудованных навигационной системой.

Результаты исследований Кузнецова Тараса Ивановича на тему «Разработка методики комплексного мониторинга земель, занятых магистральными трубопроводами, с использованием современных измерительных технологий» использованы в производственном процессе по мониторингу объектов магистральных нефтепроводов МН «Восточная Сибирь – Тихий океан», МН «Куюмба – Тайшет», МН «Заполярье – НПС «Пур-Пе».

На основании исследований получены документы патентного права на:

1. Программный модуль автоматизированного анализа планово-высотного положения объектов МТ и их динамики по данным ВЛС (RU 2023680590, 03.10.2023. Заявка от 29.09.2023).
2. Программный модуль автоматизированного анализа параметров сложных геологических условий расположения объектов МТ и их динамики по данным ВЛС (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023682372, 25.10.2023. Заявка от 06.10.2023).
3. Модель данных для расчетов планово-высотного положения с использованием программно-расчетного модуля (Свидетельство о регистрации

программы для ЭВМ RU 2017662021, 26.10.2017. Заявка от 01.09.2017).

4. Полезная модель «Устройство определения планово-высотного положения магистрального нефтепровода», которая используется при определении пространственного положения трубопроводов подземной прокладки (Патент на полезную модель RU 182554 U1, 22.08.2018. Заявка № 2018118608 от 21.05.2018).

Разработанные программные модули используются в производственной деятельности ООО «НИИ Транснефть».

Разработанные Кузнецовым Т.И. технически обоснованные нормы определения границ и площади отвода земель для объектов магистрального трубопровода использованы при разработке ГОСТ Р 71416-2024 Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Определение границ и площади отвода земель для объектов магистрального трубопровода.

Практическое применение разработанных методики и алгоритма способствует оптимизации обследований, выполняемых в процессе эксплуатации объектов трубопроводного транспорта, сокращению трудоемкости при полевых работах, снижению влияния человеческого фактора, что подтверждено при реализации на объектах МН «Малгобек-Тихорецк», МН «Тихорецк – Туапсе-1,2».

Директор центра мониторинга и
геоинформационных систем объектов
трубопроводного транспорта



Подпись

Э.Р. Ибрагимов